Ч. Флауэрс

10 ЗАПОВЕДЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ИДЕИ XX ВЕКА

БИНОМ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

В увлекательной форме рассказывается о 10 величайших открытиях двадцатого столетия: расширяющейся вселенной, распространении света, квантовой механике, блуждании континентов, теории большого взврыва, теореме о неполноте, геноме человека, открытиях антропологов, искусственном интеллекте, бессознательном.

Для старшеклассников, преподавателей и широкого круга читателей, интересующихся состоянием современной науки

- Ч. Флауэрс
  - ○
  - ○
  - ○ Предисловие
  - ○ Глава 1
  - ○ Глава 2
  - ○ Глава 3
  - ○ Глава 4
  - ○ Глава 5
  - ○ Глава 6
  - ○ Глава 7
  - ○ Глава 8
  - ○ Глава 9
  - ○ Глава 10
  - ○ Благодарности
  - ○

Ч. Флауэрс

10 ЗАПОВЕДЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ. ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ИДЕИ XX ВЕКА

ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ИДЕИ XX ВЕКА

InstabilityRules
The Ten Most Amazing Ideas of Modern Science
Charles Flowers
John Wiley amp; Sons, Inc.
Перевод с английского А. В. Хачояна
Москва БИНОМ. Лаборатория знаний 2007
УДК 50
ББК 20
Флауэрс Ч.
Ф69 Десять заповедей нестабильности. Замечательные идеи XX века
Ч. Флауэрс, пер. с англ. А. В. Хачояна. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний -, 2007
197 с.: ил. /
ISBN 978-5-94774-231-2 (русск.)
ISBN 0-471-38042-3 (англ.)
.

Предисловие

«Она вертится…»

Нашим учителям
А. Р. Касаванту, Л. Джонсон, Б. Альфреду,
учивших нас думать

«И все-таки она вертится…» (Eppur si muove…). Считается, что именно эти слова когда-то бормотал очень больной и очень старый человек в уродливом ярко-красном балахоне, напряженно поднимаясь с колен среди толпы разодетых неучей с торжественными и серьезными лицами. Старик был великим ученым. Его под угрозой казни только что заставили отречься от законов природы, которые он установил, изучая космос подзорной трубой, усовершенствованной им самим. Даже если этот рассказ не соответствует исторической правде, он заслуживает права на существование.

Инквизиция смогла вынудить Галилея, знаменитого физика и астронома из Пизы, отказаться от утверждения, что Земля вращается вокруг Солнца. Земля по-прежнему признавалась центром Вселенной, поскольку именно сюда водрузил ее Бог и оставил до скончания времен. Такова была ортодоксия – правильная, официальная точка зрения.

Для многих поколений ученых апокрифическая, но неотразимая реплика Галилея стала утверждением идеи гелиоцентрической модели Солнечной системы, в соответствии с которой Земля и пять известных в начале XVII века планет вращаются вокруг Солнца. Люди неожиданно осознали, что здравый смысл и органы чувств, которыми они руководствовались примерно 100 000 лет своей истории, являются очень ненадежными и даже обманчивыми слугами разума. Вдруг выяснилось, что ощущение незыблемости почвы под ногами является чистейшей иллюзией, так как движется именно Земля, а Солнце остается на месте. Другими словами, Солнце (или, если угодно, олицетворяющее его божество,

подобное сияющему Фаэтону на своей колеснице или ацтекскому богу Кецалькоат-лю, бегущему над древним Тенотчитланом) в действительности всегда было неподвижно, а именно мы, люди, с огромной скоростью вращались вокруг него.

Однако знаменитая реплика великого старца имела и другой, более глубокий смысл, к которому мы неожиданно приходим после поразительных научных открытий XX века, когда выяснилось, что постоянное движение является наиболее существенным свойством не только Земли, но и всего окружающего мира. Основными характеристиками Вселенной оказались стремительное и непрерывное изменение, неточность и нестабильность, разнообразие вариантов развития. В мире нет ничего постоянного.

Первые три столетия, прошедшие после смерти Галилея, стали эпохой бурного взлета науки, достижения которой вновь и вновь доказывали ученым, что Вселенная всегда оказывается больше, сложнее и старше, чем кажется нам на основе непосредственного опыта и здравого смысла. Но Солнце продолжало оставаться в центре нашего мира неподвижным до начала XX века.

В предлагаемой книге рассказывается о том, как позднее людям пришлось осознать, что Солнце стремительно несется в пространстве не только вместе со всей галактикой Млечного Пути, но и с гигантским звездным скоплением, в которое эта галактика входит. Оказалось, что видимую нам часть мира можно сравнить лишь с песчинкой, которая вместе со всем остальным веществом Вселенной разлетается в пространстве после немыслимого взрыва, произошедшего 12-15 миллиардов лет назад.

Люди с изумлением узнали, что наша планета постоянно и непрерывно меняется: континенты скользят и дрейфуют по поверхности Земли, горы непрерывно растут, океаны расширяются, а вулканы готовятся к следующим извержениям. Постоянно меняются наши собственные тела и мысли, одновременно с незаметными мутациями и действиями генов, принимающих какие-то собственные решения относительно роста или гибели клеток наших организмов. Некоторые из этих решений могут привести к раковым заболеваниям или смертельным недугам.

Мы узнали, что в просторах космоса, на расстоянии сотен миллионов световых лет от нас целые галактики могут рождаться, развиваться, захватываться черными дырами или взрываться с огромной энергией, порождая множество новых объектов.

Считавшиеся когда-то неделимыми атомы оказались способными сталкиваться, сливаться, распадаться и непрерывно переходить из одних энергетических состояний в другие. Более того, внутри самих атомов, в этих крошечных вселенных обнаруживаются виртуальные частицы, выскакивающие из небытия или ускользающие в него столь быстро, что мы не способны их заметить, а можем лишь догадываться о таких процессах.

Все эти поразительные открытия XX века говорят нам о главном законе природы, согласно которому существование означает постоянное изменение.

Этот закон противоречит нашим интуитивным представлениям и, возможно, в глубине души… нам неприятно признавать его силу и значение. Действительно, что должен думать о себе человек, осознающий мимолетность и неустойчивость собственной личности? Каждое мгновенье мы изменяемся физически и духовно, так что мы неспособны даже сохранить улыбку на собственном лице или удержать в сознании меняющиеся мысли и переживания. Мир меняется слишком быстро, настоящее мгновенно становится прошлым. О каких заповедях можно говорить в постоянно изменяющемся мире? Что может означать в таком мире слово «истина»?

К возникшей в XX веке картине мира очень подходит знаменитое изречение древнегреческого мыслителя Гераклита («Всё течет и изменяется, и никто не может войти в одну и ту же реку дважды!»), которое почему-то любили цитировать художники-концептуалисты начала 70-х годов. Но заложенная в словах Гераклита идея в наши дни представляется еще более глубокой и важной, ибо наука выяснила, что ежесекундно в мире происходят важные события, в результате которых действительно существенно меняется всё: человек, река, вода, Солнце в небе и даже…вся Вселенная.

Я пишу эти строки в конце августа. Из окон оборудованного под жилье амбара в пригороде Нью-Йорка я вижу голубое небо, напоминающее о картинах Джотто, увядающий клен и одинокие осыпающиеся флоксы. Кругом царит тишина, очень редко нарушаемая доносящимся с залива шумом моторных лодок или моим постукиванием по клавишам компьютерной клавиатуры. Все остальные звуки мира сливаются в слабый монотонный шум, подобный ровному гудению раковины, поднесенной к уху. Кажется, что мир вокруг меня неподвижно замер, и я нахожусь в его центре. Но я понимаю, что это всего лишь иллюзия. В мире нет ни покоя, ни центра.

Глава 1

Хаббл и расширяющаяся Вселенная

Все мы со школьных времен знаем, что в окружающем нас нечетком и расплывчатом мире отсутствуют прямые линии и строгие формы, но зато существуют некоторые ограничения, механизмы и закономерности, которые и выступают в качестве законов природы. Равномерное вращение небесной сферы позволяет оценивать течение времени и создавать календари или точно тикающие часы. В некоторых горных породах происходят процессы радиоактивного распада, столь же точно отсчитывающие миллионы лет геологических эпох. Огромные сверхплотные нейтронные звезды, пульсары излучают радиоволны с высокой точностью, подобно радиомаякам в «черных ящиках» авиалайнеров. Точность приходящих от них сигналов обеспечивается вращением пульсаров вокруг оси с частотой до нескольких сотен оборотов в секунду. Космические расстояния настолько велики, что их измеряют световыми годами, т. е. расстоянием, проходимым светом за один год, хотя эта скорость является фантастически высокой и составляет около 300 тысяч километров в секунду (в соответствии с известной шуткой, редакторы литературных или искусствоведческих журналов обычно автоматически исправляют эту цифру, зачеркивая «секунду» и вписывая «час»). Говоря о событии, происшедшем на расстоянии светового года, следует помнить, что оно не только удалено от нас почти на 10 триллионов километров, но и случилось за двенадцать месяцев до наблюдения, что, кстати, создает еще одну удобную и точную систему отсчета в пространстве-времени. Возможно, что точность таких природных процессов со временем нарушается, но ее вполне достаточно для пока мимолетного присутствия человечества во Вселенной.

Одним из наиболее заметных периодических объектов в астрономии являются так называемые цефеиды (желтые звезды-

гиганты, обычно превосходящие наше Солнце по энергии излучения в тысячи или даже в сотни тысяч раз). Их яркость меняется с периодичностью от 3 до 50 дней, причем продолжительность цикла и может быть непосредственно связана со светимостью с расстоянием до Земли. В астрономические каталоги уже занесены тысячи цефеид и значения их абсолютной (усредненной по времени, например за 10-дневный цикл) яркости. Сравнивая среднюю и наблюдаемую величины яркости цефеиды, астрономы давно научились примерно оценивать расстояния до конкретных звезд этого типа, так что их можно сравнить с километровыми столбами в межзвездном пространстве.

Эти небесные объекты давно пользовались вниманием астрономов, но их роль особенно возросла после того, как в самом начале XX века Генриетта Сван Ливитт, молодая женщина-астроном из обсерватории Гарвардского колледжа (Кембридж, штат Массачусетс), сумела тщательно систематизировать и каталогизировать тысячи фотоснимков отдельных звезд и тем самым создать надежные ориентиры в космическом пространстве. Ее работу можно сравнить с постройкой маяков для морских судов или разработкой единой всемирной системы для летчиков-любителей, основанной на точном ориентировании с указанием координат. Кстати, работа по учету и регистрации цефеид продолжается и, например, запуск космического телескопа «Хаббл» позволил расширить их каталог и включить в него все цефеиды в радиусе до 56 миллионов световых лет от Земли.

В начале 20-х годов прошлого века усовершенствованные оптические телескопы позволили ученым значительно расширить свои познания о космосе вообще и о цефеидах в частности. Одной из самых заметных фигур в этом поколении астрономов стал несравненный, «великий и ужасный» Эдвин Хаббл. Он был действительно странным и противоречивым человеком: будучи уроженцем Среднего Запада США, Хабби любил говорить с подчеркнуто английским акцентом, хвастался шрамом, полученным якобы на дуэли, ходил с неизменной вересковой трубкой и… вообще, относился к породе людей, о которых приятно читать или узнавать, но с которыми очень трудно общаться в обыденной и научной жизни. Внешне Хаббл выглядел атлетом, вел себя подобно спорсмену-одиночке (ни о какой командной игре не могло быть и речи!) и был крайне амбициозен, но его честолюбие, к счастью, было связано только с изучением далеких звезд.

***

Когда в начале 20-х годов молодой Хаббл начал изучать звездное небо при помощи новейшего 100-дюймового телескопа в обсерватории Маунт Вильсон (Южная Калифорния), астрономы не знали очень многого, что сегодня известно даже школьникам, хотя техника астрономических измерений и общий уровень знаний в этой области за предыдущие двести лет неизмеримо возросли. К началу прошлого века ученые уже обнаружили сотни тысяч звезд и знали, что многие из них находятся на расстоянии сотен миллионов световых лет от Земли. Некоторые проблемы астрономии оказались во многом обусловленными именно стремительным развитием и крупными успехами. Собрав все высказывания и заявления выдающихся астрономов, можно легко составить доклад с хвастливым и наивным названием «Мы уже узнали о космосе все, что можно узнать!».

Этому не следует удивляться, поскольку каждой эпохе свойственно преувеличивать свои достижения и успехи. Кроме того, ради справедливости следует подчеркнуть, что астрономы нашего времени иногда едва успевали регистрировать новые результаты и не имели времени для систематизации и обдумывания массы полученных сведений. При оценке достижений астрономии следует вспомнить и исходный, весьма низкий уровень наших теоретических знаний в этой области. Сотни тысяч лет люди (независимо от того, насколько это их интересовало) могли видеть на небе невооруженным взглядом, даже в самые удобные для наблюдения безлунные ночи, всего лишь 8-9 тысяч звезд. Вплоть до времен Галилея эти звезды считались жестко прикрепленными к небесной сфере, равномерно вращавшейся вокруг Земли. Исключением среди небесных объектов выглядели лишь Солнце, Луна и пять видимых невооруженным глазом планет, которые вращались по собственным законам. Небесная сфера представлялась нашим предкам достаточно большой (поскольку внутри нее располагались орбиты Солнца и Луны), однако вся картина в целом выглядела достаточно комфортабельной и уютно замкнутой.

Эдвин Хаббл

В рассказе об астрономии нельзя не упомянуть бинокулярное зрение, характерное для человека (некоторые существа, например морская свинка или ящерица, этим похвастаться не могут). Каждый глаз человека имеет собственное поле зрения, что и дает нам возможность достаточно оценивать положение объектов в пространстве и воспринимать мир стереоскопически, объемно или, как сейчас модно говорить, создавать трехмерные, 3D-изображения. Однако звезды располагаются слишком далеко, так что аппарат обычного человеческого бинокулярного зрения оказывается просто бессильным воспринимать или воссоздавать стереоскопическую информацию о столь удаленных объектах.

Однако ученые вспомнили, что Земля вращается вокруг Солнца по орбите с радиусом около 150 миллионов километров, и примерно 200 лет назад «сообразили», что бинокулярный прибор можно создать, регистрируя положение одних и тех же небесных объектов из двух точек в крайних положениях орбиты, т. е. с 6-месячным интервалом. Читатель может понять общую идею метода, вообразив некое космическое чудовище (Годзиллу с расстоянием между зрачками около 300 миллионов километров), которое пытается визуально оценить расстояние до звезды! Смещения конкретных звезд относительно общего «фона» неба получили название *звездного параллакса.*

Космическое пространство оказалось слишком протяженным даже для такого воображаемого великана. Идею удалось воплотить в жизнь только в 1838 г., когда знаменитый Фридрих Бессель определил, что расстояние до звезды Лебедь-61 составляет около 110 триллионов километров (отметим, кстати, что ближайшая к нам звезда Проксима Центавра расположена всего на расстоянии 45 триллионов километров). Однако, несмотря на эти результаты, вплоть до начала XX века профессионалы-астрономы продолжали традиционно считать, что галактика и есть вся Вселенная вообще, т. е. все немыслимое

количество наблюдаемых небесных объектов относится к Млечному Пути.

Подобно многим другим великим ученым в истории науки, Хаббл отличался поразительной настойчивостью и страстной верой в истинность своих идей. В астрономии того времени было много интересных, важных и весьма перспективных направлений (звезды-гиганты, кометы, планеты, новые и сверхновые звезды), которыми успешно занимались многие его коллеги-сверстники, но Хаббл упорно продолжал изучать в небе туманные и мелкие образования, напоминающие на фотографиях какие-то пятна на поверхности грязной лужи. Некоторые из них можно иногда разглядеть невооруженным глазом, и когда-то поэты даже сравнивали их с огоньками или со светлыми «заплатками» на черном бархате ночи. Такие светящиеся облачка в ночном небе были давно известны астрономам, которые назвали их туманностями *(nebulae* – множественное число от латинского *nebula,* означавшего пар или туман), но до середины IX века туманностями никто серьезно не занимался. Единственной связанной с туманностями проблемой был вопрос об их происхождении, так как некоторые ученые полагали, что они действительно представляют собой скопления космической пыли и газов, а другие считали их очень удаленными звездными скоплениями и надеялись, что более мощные телескопы со временем позволят разглядеть в них отдельные звезды.

Применение новейших измерительных устройств позднее неожиданно показало, что справедливы обе эти столь разные гипотезы одновременно (разумеется, каждая по-своему). Ученые смогли решить эту задачу только после применения для измерений спектрографа, что позволило связать астрономию с химией и получить массу новой информации о составе небесных объектов. Подобно тому как крошечные капли дождя разделяют солнечный свет на составляющие его основные цвета и создают радугу, астроспектрограф разделяет попавшее в телескоп излучение звезды на тонкие спектральные линии разных цветов. Каждый небесный объект, как выяснилось, обладает собственным характерным спектром или набором линий, столь же индивидуальных, как отпечатки пальцев или ДНК отдельного человека.Стоит упомянуть, что вообще использование спектрографа в астрономии стало важным умиротворяющим «откровением» для многих ученых, посвятивших себя изучению тайн Вселенной, поскольку спектрограммы наглядно доказали всем, что даже самые странные и чудовищно большие космические объекты состоят из тех химических элементов или атомов (и только тех), которые нам прекрасно известны. Мир

создан из стандартного набора кирпичиков, подобно тому как наши дома построены из стандартных блоков и небольшого числа материалов. Спектрография позволяет изучать все объекты, вплоть до немыслимых ранее черных дыр и квазаров, но ни в одном из них не было обнаружено никакого экзотического элемента, подобного тому, о котором говорится в известном фильме «Звездный путь».

Уже самые первые спектрограммы туманностей поставили точку в спорах об их природе и происхождении: примерно треть туманностей оказалась звездными скоплениями, а другие две третьих – смесью космической пыли, газов и мелких частиц.

В начале 20-х годов именно эти далекие огоньки в космическом пространстве почему-то овладели всем вниманием и временем Хаббла, когда он длинными холодными ночами работал в обсерватории Маунт Вильсон. Трудно оценивать психологию людей такого типа. Было ли это увлечение просто проявлением постоянно присущего Хабблу индивидуализма и желания выделиться, подобно его изысканному (но поддельному, всего лишь выученному) английскому произношению? Или он действительно чувствовал, что в этих далеких и малозаметных космических огоньках скрыто нечто очень важное? Эти рассуждения сейчас представляются бессмыслеными и бесполезными, поскольку Хаббл оказался прав. Он угадал, вытащил счастливый билет в «лотерее» жизни и обессмертил свое имя, сумев впервые в истории человечества раздвинуть границы познаваемого и воспринимаемого мира!

Одним из самых известных объектов описываемого типа является так называемая Большая Туманность в созвездии Андромеды, которую впервые зарегистрировал, описал и назвал «маленьким облачком» персидский астроном Аль-Суфи более тысячи назад, в 905 г. Спектрограммы, полученные на телескопе «Хукер», были нечеткими и соответствовали скорее звезде, чем газам. Хаббл настойчиво решил уточнить результаты и, экспонируя фотопластинки достаточно долго, сумел получить однозначный ответ. Большая Туманность при тщательном изучении неожиданно оказалась огромной галактикой (в виде спирали с диаметром около 150 000 световых лет), лежащей вне Млечного Пути и состоящей из сотен миллионов звезд. Поэтому, любуясь Большой Туманностью в ясную ночь, можно вспомнить, что это единственный видимый невооруженным глазом объект, не принадлежащий нашей собственной галактике, нашему космическому «дому».

Внутри спирали Большой Туманности Хабблу посчастливилось обнаружить двенадцать цефеид, этих

своеобразных космических «доносчиков», а измерив периодичность их излучения, он дополнительно выяснил, что некоторые из них находятся на расстоянии более 800 000 световых лет от нас. Эти данные позднее многократно перепроверялись, так что в настоящее время считается твердо установленным, что Туманность Андромеды (профессиональные астрономы обозначают ее прозаическим сокращением M13) удалена от нас на 2 миллиона световых лет. Однако важнейшим достижением Хаббла стало не измерение конкретных параметров конкретных звезд, а создание совершенно новой концепции строения Вселенной, благодаря чему человечество впервые осознало, что наша галактика составляет лишь небольшую часть, а вовсе не является всей Вселенной. Хаббл доказал также, что межзвездные расстояния намного больше, чем представлялось раньше астрономам в самых дерзких фантазиях.

Не менее важным оказалось и то, что обнаруженные космические «соседи» и входящие в их состав звездные системы не были фиксированными, жестко «закрепленными» в пространстве. Космос начал двигаться и качаться, оказался подвижным. Река Гераклита, великая античная метафора изменчивости, приобрела вдруг новый, гораздо более широкий и глубокий смысл после того, как спектрограммы Хаббла наглядно показали, что даже звездное небо не является неизменным. Солнечная система, звезды, галактики и даже цефеиды, ранее считавшиеся «верстовыми столбами» пространства, предстали перед удивленными астрономами в качестве подвижных, стремительно передвигающихся объектов.

Каскад открытий заставил ученых и все человечество вновь задуматься о сущности и устройстве природы и породил множество новых вопросов. Что является причиной этой сумасшедшей космической гонки? Существуют ли какие-то направления в движении созвездий? И наконец, какова судьба Вселенной и что ожидает нас в будущем? На первые два вопроса через 30 лет были получены достаточно определенные ответы (хотя споры на эту тему продолжаются и поныне), но последний и самый важный вопрос пока остается открытым.

Обнаруженная Хабблом поразительная подвижность и нестабильность Вселенной изменила многие фундаментальные представления астрономии, тем более, что новые методы получения и исследования спектров стали приносить все более очевидные доказательства стремительных перемещений самых разнообразных космических объектов.

Спектрография позволяет определять не только химический состав излучающего источника, но и (при более тщательном

изучении спектров) скорость движения этого источника относительно наблюдателя. Перед объяснением принципа определения скорости следует описать, хотя бы коротко, весь спектр электромагнитных волн, подлежащих измерению и анализу. Диапазон электромагнитного излучения, от высокоэнергетических гамма-квантов до низкоэнергетических радиоволн, условно подразделяется на несколько областей с достаточно привычными названиями: гамма-лучи, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, микроволновое излучение и, наконец, знакомые всем радиоволны. Каждый тип излучения характеризуется определенной длиной волны, энергией и частотой колебаний, так что на одном краю спектра располагаются очень короткие, высокочастотные гамма-лучи с высокой энергией, а на другом – низкочастотные и низкоэнергетические радиоволны с длиной волны в несколько километров. Воспринимаемая нашим зрением область электромагнитных волн (так называемый видимый спектр) покрывает лишь 2% всего электромагнитного спектра и располагается примерно в его центре.

Принцип спектрографического определения скорости основан на том, что излучение удаляющегося от нас источника (в данном случае небесного объекта) немного смещается в сторону длинноволнового, низкоэнергетического края спектра, где расположена красная часть спектра, вследствие чего ученые называют это явление просто красным смещением. Совершенно аналогично, излучение приближающегося объекта смещается к другому краю спектра, что, соответственно, называют синим или фиолетовым смещением.

Это явление, в сущности, представляет собой оптический аналог широкоизвестного эффекта Допплера для движущихся источников звука. Каждый из нас замечал, что музыкальная тональность звуков проезжающего мимо автомобиля изменяется (при приближении звуки становятся более высокими, а при удалении – более низкими), что также объясняется смещением длин волн то в одну, то в другую часть спектра.

Узнав о том, что еще в 1912г. американский астроном Весто Мелвин Слипер зарегистрировал фиолетовый сдвиг в спектре Туманности Андромеды, Хаббл пришел к выводу, что она приближается к нашей галактике. Обнаруженные ранее Хабблом цефеиды позволили ему настаивать, что речь идет не о потоках космического газа, а о быстром движении гигантского звездного скопления, целой галактики (в настоящее время установлено, что Туманность Андромеды и наша галактика, Млечный Путь, мчатся

навстречу друг другу со скоростью около 90 километров в секунду). Слипер изучал и другие туманности (позднее все они оказались галактиками) и обнаружил в спектре большинства из них красное смещение, доказывающее, что они удаляются от нас с высокой скоростью, доходящей до 1200 километров в секунду.

Измерения Слипера были, конечно, крупным научным достижением своего времени, но именно Хаббл догадался проанализировать и объяснить их с точки зрения смещения спектральных характеристик, что позволило ему создать еще одну, исключительно важную и интересную концепцию. Вместе с Мильтоном Хюмасоном он обнаружил, что существует прямая взаимосвязь между красным смещением галактик и расстоянием до них, т. е. чем больше это смещение (иными словами, чем выше скорость галактики), тем дальше от Земли она находится.

Этот результат, получивший название закона Хаббла, и следующие из него выводы буквально ошеломили и даже напугали многих ученых (интересно отметить, как легко общественность привыкает к новым научным представлениям, так что сегодня идеи Хаббла воспринимаются как нечто обычное даже школьниками и любителями научно-популярных телевизионных передач). Во-первых, в соответствии с законом Хаббла некоторые галактики двигались с огромной скоростью, доходящей до одной седьмой от скорости света. Во-вторых, что казалось совершенно невероятным, в теории Хаббла все вещество мира стремительно «разлеталось» в разные стороны, т. е. Вселенная расширялась! Небольшие смещения в спектрах доказывают движение гигантских звездных скоплений с огромной скоростью, а ставший знаменитым закон Хаббла устанавливает связь между расстоянием до галактики и ее скоростью. Хаббл умер в 1953 г., а через три года Хьюмасон и его сотрудники пересмотрели и обновили содержание закона Хаббла для учета новой теории, в соответствии с которой Вселенная возникла 10-12 миллиардов лет назад в результате таинственного события (получившего название Большой Взрыв или просто Биг Бэнг). Поправки были связаны с тем, что скорость разбегания галактик в начальной фазе взрыва была, по-видимому, значительно выше, чем считалось раньше, но затем несколько снизилась.

Разбегаются ли галактики с одинаковой скоростью? Если дело обстоит именно так, то ученые могли бы вычислить соответствующие постоянные Хаббла и рассчитать «прошлое» этого процесса, т. е. обнаружить ту самую исходную точку, в которой произошел Большой Взрыв, и заодно выяснить точный возраст Вселенной. К сожалению, ученые никак не могут прийти к единому мнению относительно значения этих постоянных.

Поэтому предлагаемые одними специалистами оценки возраста нашей Вселенной (это следует подчеркнуть, поскольку возможно существование каких-то других, более сложных типов Вселенных, о которых мы пока не имеем представления) очень сильно различаются, что вызывает естественные досаду и раздражение у других. Предлагаемые различными группами теоретиков оценки возраста Вселенной лежат в диапазоне от 12 до 15 миллиардов лет (иногда даже от 10 до 20 миллиардов лет). Такой разброс может показаться слишком большим в обычных бытовых ситуациях, но в данной задаче разница в несколько миллиардов лет выглядит скорее расхождением, чем противоречием. Впрочем, для полноты картины следует указать, что с не очень большой вероятностью предлагаются и значения, выходящие за пределы этого диапазона.

В последние годы астрономы предприняли попытку установить более точное значение константы Хаббла, изучая самые далекие из известных цефеид при помощи космического телескопа «Хаббл». Полученные результаты свидетельствуют о том, что Вселенная все же может оказаться значительно моложе, чем считают эксперты сегодня. Измерения выявили, что скорость разбегания галактик возрастает примерно на 320 000 километров в час при увеличении расстояния наблюдения на отрезок в 3,26 миллионов световых лет, т. е. галактика, находящаяся на вдвое большем от нас расстоянии (6,52 миллионов световых лет), должна двигаться и с вдвое большей скоростью (640 000 километров в час).

Читатель вправе спросить, почему ученые не могут рассчитать прошлое нашей Вселенной, имея в своем распоряжении такие достаточно точные исходные данные? Основная проблема заключается в том, что движение космических объектов зависит и от остающейся пока неизвестной плотности Вселенной в целом. Кроме того, следует всегда учитывать, что даже кажущиеся самыми надежными значения параметров могут зависеть дополнительно от каких-либо неучтенных факторов и поэтому требуют тщательной и длительной перепроверки.

Исследования продолжаются. Если значение постоянной Хаббла в конечном счете окажется ниже 320 000 километров в час, то возраст Вселенной с очень большой вероятностью составляет от 8 до 12 миллиардов лет. Если же значение этой постоянной окажется выше (как полагают многие специалисты), то возраст Вселенной будет, соответственно, увеличиваться. Один известный астрофизик, ученик и последователь Хаббла настаивает даже на втрое большем значении этой постоянной,

чему и соответствует максимальная оценка возможного возраста Вселенной в современной науке, равная примерно 20 миллиардам лет.

***

Следующий этап развития астрофизики оказался связан с расширением диапазона используемых для наблюдения волн. Хаббл сумел извлечь ценнейшую информацию из видимых спектров звезд, а выше уже упоминалось, что видимая область занимает всего лишь 2% всего спектра электромагнитного излучения.

Исследователи, естественно, задумались об измерениях в других областях спектра, что стало возможным при развитии космической техники. Потребность в регистрации невидимых типов излучения диктовалась и тем, что многие интересные небесные объекты (например, черные дыры, квазары, пульсары и т. п.) вообще не излучают видимого света, и их можно «видеть» лишь в рентгеновской области с гораздо меньшими длинами волн и большей частотой, чем у волн видимого света. Атмосфера Земли не пропускает такие волны, поэтому серьезное исследование рентгеновских спектров космических объектов началось лишь в 1970 г., когда НАСА запустило специальный спутник «Ухуру» с рентгеновскими детекторами на борту. За два года работы спутник получил, обработал и передал на Землю важную информацию о трехстах ранее неизвестных космических объектах.

Вслед за этим очень интересные данные были получены и в других областях электромагнитного спектра, включая гамма-лучи, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, радиоволны. Наиболее важным результатом измерений стало обнаружение в космосе огромных источников антиматерии (в соответствии с названием, антиматерия представляет собой физический «антипод» привычной формы материи, но разговор об этом увел бы нас слишком далеко от темы). Теоретически число частиц материи и антиматерии во Вселенной должно быть одинаковым, но на Земле они отсутствуют, и ученым удалось пока обнаружить или синтезировать лишь ничтожное число античастиц и антиатомов. Однако в 1997 г. в центре Млечного Пути был обнаружен чудовищный «фонтан» (размером втысячи и десятки тысяч световых лет), извергающий антиматерию. Этот

поразительный феномен удалось обнаружить только благодаря установленным на спутниках детекторам гамма-излучения, регистрирующим гамма-лучи, возникающие при ядерных реакциях или радиоактивных распадах. Этот удивительный объект может быть связан с черной дырой, всасывающей в себя находящиеся вблизи космические тела или газовые выбросы, возникающие при взрывах и гибели звезд.

Почти 75 лет назад, когда Хаббл сделал первое из своих выдающихся открытий, никто не мог представить себе значения и размаха будущих исследований в астрофизике и смежных областях науки. В настоящее время эти работы финансируются государством, так что каждый из нас (хотя бы своими налоговыми отчислениями!) участвует в процессе сбора и получения новых знаний о строении мира. Современные детекторы позволяют нам читать такие «послания» далеких созвездий, которые буквально невозможно «увидеть» никаким, даже самым современным оптическим телескопом.

Ученые вполне обоснованно надеются, что эффективность и возможности регистрирующей аппаратуры будут возрастать и дальше, особенно благодаря развитию вычислительной техники. Впрочем, использование новейших информационных технологий уже существенно изменило характер, содержание и условия работы астрономов. Луч света, попавший холодной ночью в объектив телескопа обсерватории Маунт Паломар, немедленно регистрируется компьютерами (работающими на основе новейших кремниевых структур, типа устройств с зарядовой связью и т. п.), преобразуется в высокоточное цифровое изображение, записывается на магнитные носители и передается для изучения в какой-нибудь удаленный научный центр. Утром астроном (а в наши дни астрономы выходят на работу по обычному расписанию) начнет анализировать эти снимки на экране компьютера, сидя в удобном, эргономичном кресле за чашечкой кофе. Думая об этом, стоит вспомнить, что во времена молодости Хаббла астрономы полушутя-полусерьезно рассказывали о ресницах, примерзших к объективу телескопа.

Хочется верить, что вся эта сложнейшая техника, позволяющая сейчас измерять характеристики излучения во всех областях спектра, приведет нас к новым блестящим открытиям. Возможно, мы станем свидетелями событий, которые потрясут нас столь же сильно, как Хаббл поразил наших дедушек и бабушек сообщением о том, что наша галактика вовсе не является всей Вселенной и даже располагается не в центре, а где-то на окраине гораздо более обширного мира. Еще большим потрясением было осознание человечеством нестабильности и

неустойчивости космического устройства в целом. Дальнейшие исследования, в полном соответствии с общим духом работ Хаббла, только подтвердили незначительность и даже ничтожество роли Солнечной системы и всей нашей галактики в новой, немыслимо обширной, буйной и стремительно меняющейся картине космоса.

В рамках расширяющейся Вселенной мы продолжаем обнаруживать новые поразительные космические катастрофы и катаклизмы. Космический телескоп «Хаббл» смог недавно зафиксировать процесс поглощения целой галактики другой, более крупной. Старые звезды, значительно превосходящие Солнце по размерам, взрываются и образуют так называемые сверхновые, что впервые заметили и зафиксировали астрономы Древнего Китая еще в 1054 г. (расчеты показывают, что такой взрыв способен породить до десятка тысяч солнечных систем). Общее число галактик во Вселенной, подсчитанное по данным телескопа «Хаббл», превышает 50 миллиардов (что в несколько раз больше, чем считалось раньше), причем одновременно выяснилось, что огромные туманности представляют собой своеобразные «инкубаторы» для возникновения новых звезд и галактик.

Мы видим в космосе непрекращающиеся изменения, непрерывные процессы рождения и умирания звездных систем, что вновь возвращает нас к мучительным размышлениям о будущем: будет ли Вселенная расширяться до бесконечности, постепенно теряя энергию, превращаясь в холодную пустыню из пепла выгоревших звезд, или существуют иные сценарии развития? Впрочем, возможно, нам не стоит особенно беспокоиться о будущем, поскольку наша галактика и Солнечная система могут не сохраниться столь долго. Последние открытия показывают, что мы можем погибнуть не от огня и вечного холода, а по совсем другим причинам, причем некоторые из них могут безболезненно и мгновенно убить все человечество. Например, самыми мощными источниками энергии во Вселенной оказались недавно обнаруженные так называемые гамма-всплески (при которых выделяется больше энергии, чем может излучить Солнце за все время своего существования), уничтожающие все в окружающем пространственно-временном континиуме. Ежегодно мы регистрируем в далеком космосе около трехсот таких чудовищных взрывов с продолжительностью от тысячных долей секунды до нескольких минут. В отличие от полюбившихся Голливуду астероидов, эта опасность является реальной, поскольку такой гамма-всплеск (пока нет даже теорий возможности его предсказания) действительно может

уничтожить, буквально стереть нашу галактику настолько быстро, что мы ничего не успеем почувствовать. Собственно говоря, у нас нет никаких оснований считать такой сценарий неверным. Мы постоянно наблюдаем взрывы и столкновения звезд и целых галактик, сопровождающиеся возникновением совершенно новых объектов, типа квазаров, и образующие в космосе «гирлянды» из осколков длиной в миллионы световых лет. Сейчас в небе над нами летают десятки спутников, осуществляющих астрономические наблюдения (среди них гигантский космический телескоп «Хаббл») и все они свидетельствуют о том, что спокойствие ночного неба является весьма обманчивым, а окружающее нас космическое пространство насыщено хаотическими и драматическими событиями. Возможно, предлагаемые астрофизиками модели строения космоса представляются сейчас слишком сложными и непонятными, но нас может утешить воспоминание о том, что четыреста лет назад людям столь же сложным и непонятным казался механизм обычных механических часов, позднее ставший символом размеренного и уютного движения Земли и других планет по точным орбитам вокруг Солнца.

Глава 2

Эйнштейн и чудо распространения света

Альберт Эйнштейн не любил случайностей и верил в то, что природа. управляется по строго определенным законам (недаром один из самых известных его афоризмов гласит: «Господь Бог не играет в кости!»). Под случайностями он подразумевал, конечно, вовсе не природные или космические катаклизмы (типа взрывов Сверхновых звезд или столкновения Земли с астероидом, считающегося возможной причиной гибели динозавров 65 миллионов назад), а отсутствие смысла и гармонии в законах природы. Эйнштейн верил в логику и осмысленность бытия вообще и посвятил их выявлению всю свою жизнь.

Согласно шутливой легенде из истории музыки, новорожденный Моцарт сразу стал высвистывать симфонию в четыре такта. Похоже, что Альберт Эйнштейн тоже начал размышлять о природе света сразу после рождения. Когда утром 14 марта 1879 г. в немецком городе Ульм солнечный луч впервые коснулся его лица, младенец неосознанно сформулировал простой вопрос: «Что это такое?». В отличие от Моцарта, гений Эйнштейна развивался медленно и незаметно для окружающих, хотя сам ребенок ощущал его присутствие с самого начала. Он любил задавать наивные вопросы, даже будучи подростком, чем вызывал у взрослых естественное раздражение, получая от них бессмысленные ответы: «Почему небо голубое?… Так оно всегда голубое… Перестань задавать вопросы, Ал. Это свет… просто свет». Позднее сам Эйнштейн напишет в автобиографии: «Я был ребенком с поздним развитием и… взрослые размышления над наивными, детскими вопросами помогли мне стать глубже и серьезнее многих моих ровесников».

Ребенок был несколько замкнутым, но в целом добрым и общительным, и от сверстников его отличала только непрерывная работа мысли, постоянные размышления о природе и законах распространения света. Конечно, об этом до него думали многие

великие ученые, и прежде всего гениальный Исаак Ньютон, который не только сумел разложить свет на спектральные составляющие, но и создал первую научную теорию света, описав его в виде потока крошечных частиц. Однако великие предшественники занимались и другими проблемами, в то время как для Эйнштейна проблема распространения света стала главным делом всей жизни.

Вот уже около ста лет многие ученые и социологи пытаются оценить роль выдающихся личностей в развитии науки, особенно в связи с революционными открытиями, Проблема является весьма сложной, и биография Эйнштейна представляет здесь особый интерес, поэтому имеет смысл на этом наглядном примере провести сравнение истории науки и искусства. С одной стороны, представляется очевидным, что если бы природа и история не создали личность, называемую Альбертом Эйнштейном, то все равно позднее кто-то из ученых (в одиночку или с группой коллег) смог бы открыть все предложенные Эйнштейном законы (связанные с релятивистской теорией, броуновским движением и т. п.). С другой стороны, представляется столь же очевидным, что даже без Моцарта классическая музыкальная традиция должна была бы как-то продолжиться, так что моцартовская роль «звена» между поздним Гайдном и ранним Бетховеном досталась бы какому-то другому великому музыканту (возможно, им стал бы тот же Сальери!). Существенное различие между наукой и искусством заключается в том, что такой эрзац-Моцарт, наверняка, не написал бы потрясающую музыку последней сцены «Женитьбы Фигаро», постоянно приводящую слушателей в восторг и умиление, или другие удивительные мелодии, простота и изящество которых заставляют предположить существование в музыке своеобразной «бритвы Оккама», отсекающей всё вульгарное и пошлое. Продолжая аналогию, можно сказать, что теория относительности, представляющая собой шедевр физической мысли, возможно, также показалась бы нам беднее, если бы ее открытие не было связано с юмором, настойчивостью, скромностью, личным обаянием и артистизмом самого Эйнштейна. Признание уникальной роли личности такого масштаба не означает недооценки или отрицания законов истории, поскольку появление ярко одаренных личностей лишь украшает нашу жизнь и ускоряет общий прогресс человечества.

Главными научными достижениями Эйнштейна является предложенная им в 1905 г. специальная теория относительности, а также развитая на ее основе общая теория относительности, опубликованная через десять лет после этого. Краткое

содержание этих теорий предлагается ниже, после некоторых дополнительных сведений о жизни и личности самого Эйнштейна.

Альберт Энштейн

Теория относительности Эйнштейна предсказывала искривление лучей света в поле массивных гравитационных объектов, и в 1919 г. представилась очень удобная возможность проверки этой гипотезы во время полного солнечного затмения. Королевское Общество Англии послало несколько специальных экспедиций, осуществивших тщательные измерения. Было установлено, что звезды вблизи солнечного диска действительно «смещаются» в соответствии с предсказаниями теории. Это стало доказательством правильности построений Эйнштейна и сразу принесло ему всемирную славу, так что буквально за пару дней 1919 г. он стал одним из самых известных и популярных людей в мире.

Эйнштейн был и остается не просто знаменитостью, а неким символом интеллектуальной мощи и мудрости, образцом ученого вообще (иногда даже преувеличенным и несколько шуточным). В описаниях газетчиков он быстро приобрел стандартные черты, характеризующие чудаковатого профессора, хотя стоит упомянуть также, что Эйнштейн (со свойственной ему артистичностью) и сам иногда подыгрывал репортерам, делая создаваемый ими образ более колоритным и забавным. Например, он избегал парикмахеров и ходил с лохматой, непричесанной шевелюрой, даже будучи профессором Принстона в 50-х годах. Иногда с серьезным видом он говорил аудитории странные фразы

(например, что «расчет подоходного налога представляет для него слишком сложную задачу» и т. п.). Газеты уверяли публику, что из-за немыслимой сложности теории Эйнштейна на всей планете ее понимают лишь семь человек, а введенному им четвертому измерению почти с самого начала все стали придавать какой-то мистический, потусторонний смысл. Разумеется, подавляющая часть публики (как, впрочем, и многие ученые) с удовольствием читала байки о профессоре Эйнштейне и его открытиях, не пытаясь даже понять, о чем идет речь.

На самом деле Эйнштейн был простым и приятным в обращении человеком, умеющим прекрасно объяснять самые сложные физические идеи ясным и наглядным языком. Доказательством этого может служить рассказ гарвардского историка науки И. Б. Коэна о том, как один американский издатель решил выпустить популярную книгу по теории относительности, сочетающую высокий научный уровень с занимательностью и хорошим литературным стилем. На объявленный конкурс было прислано несколько сотен рукописей под псевдонимами, и, как часто бывает в таких случаях, большая часть работ никуда не годилась, так как была написана совершенно некомпетентными в физике людьми или даже просто сумасшедшими. К огорчению издателя, в рукописях серьезных авторов (явно принадлежащих перу профессиональных физиков) теория относительности излагалась скучно и непонятно для широкого круга читателей. Лишь одна, небольшая по объему работа сразу привлекала внимание ясностью мысли, глубиной содержания и остроумным изложением материала (автор даже снабдил текст собственными оригинальными рисунками). К удивлению конкурсной комиссии, автором лучшего научно-популярного рассказа оказался…сам Альберт Эйнштейн.

Эйнштейн любил говорить, что любое описание «должно быть простым, но не переупрощенным». Читателю, желающему всерьез познакомиться с теорией относительности, можно полушутя-полусерьезно посоветовать разделить свое мышление и воспрятие на две части, чтобы одно полушарие восхищалось красотой и глубиной концептуальных идей теории, а второе – могло внимательно следить за ходом решения сложнейших математических уравнений. Сочетание в теории относительности глубокой философской неоднозначности с формулировкой новых физи-ческих проблем и понятий открыло перед наукой и человечеством удивительные перспективы.

***

В основе специальной теории относительности лежит представление о времени как о четвертом измерении, аналогичном трем пространственным координатам (длине, ширине и высоте), однако в этой концепции не содержится ничего сверхъестественного, и она используется только для описания реальных событий в реальном мире. Три перечисленные выше координаты являются общеизвестными, и мы еще со школы знаем (или просто считаем, что знаем), как они определяют положение тела в пространстве. В соответствии с теорией относительности время также является показателем (координатой) положения тела, однако это проявляется только в очень больших, космических масштабах, а связь (точнее, некое «переплетение») времени и привычного нам трехмерного пространства определяется именно свойствами и законами распространения света.

Рассмотрим, например, следующую фантастическую, но довольно простую для воображения ситуацию. Свет проходит расстояние от Солнца до Земли примерно за 8 минут, так что если в 10.00 по местному времени Солнце (по каким-то космическим причинам) неожиданно «погаснет», то мы узнаем об этом только в 10.08. Соответственно, если бы на Солнце находился при этом какой-то космический наблюдатель-инопланетянин, то он смог бы заметить возникшую на Земле всеобщую панику только в 10.16, по тому же местному времени.

А теперь давайте спросим себя, когда точно погасло Солнце в этой ситуации? Очевидно, что ответ зависит от положения наблюдателя. Для нас событие произошло в 10.08, но с точки зрения гипотетического внешнего наблюдателя мы заметили это только в 10.16 (еще через 8 минут, когда он заметил нашу реакцию). Время события оказывается связанным с моментом регистрации его воздействия или какого-либо проявления, что, в свою очередь, напрямую определяется нашим положением в пространстве.

До Эйнштейна считалось ясным, что время «устроено» линейно, и мы можем всегда отсчитывать его, пользуясь строго калиброванной шкалой событий. Например, раньше можно было считать, что в 1572 г. произошел взрыв так называемой Сверхновой звезды, поскольку это событие было строго научно зарегистрировано великим датским астрономом Тихо Браге. Однако сейчас мы знаем, что это событие произошло миллионы или миллиарды лет назад, а запись Тихо Браге относится лишь к тому моменту времени, когда свет этой чудовищной вспышки достиг поверхности Земли и попал в телескоп. Получается, что

для точного определения времени события (по нашим часам) мы должны точно знать расстояние до «места происшествия», так что время обязательно должно включаться в описание физического события, наряду с его пространственными координатами. Именно в этом и состоит эйнштейновская концепция учета времени в качестве четвертой координаты, и она действительно не имеет никакого мистического или фантастического смысла.

В качестве еще одного наглядного примера отсутствия «абсолютного времени» рассмотрим следующую гипотетическую научно-техническую проблему, которая, как будет показано чуть ниже, уже переходит в разряд реальных. Предположим, что в какой-то из близких к нам галактик (например, находящейся всего лишь на расстоянии 100 000 световых лет от Солнца) существует развитая цивилизация, способная создать сверхмощный телескоп, позволяющий наблюдать происходящие на Земле события. Очевидно, что, включив такое устройство, любознательные инопланетяне увидят наше далекое прошлое, т. е. маленькие группы гоминидов вида *Homo sapiens,* скитающихся по саваннам Восточной Африки. Если инопланетяне сделают видеозапись и вышлют «кассету» потомкам этих первых людей (например, для использования в учебных целях), то даже при очень высокой скорости пересылки (в любом случае она не может превышать скорость света) мы получим кассету чуть позднее 100 000 года. Другими словами, необходимо учитывать, что каждый небесный объект, звезда или целая солнечная система имеет, строго говоря, свое собственно время, а «наше время» правильно и имеет смысл только в «нашем переулке».

Кстати, описанная выше межзвездная пересылка сигналов уже началась, так как в 1974 г. с радиотелескопа на острове Пуэрто-Рико было послано первое простое изображение в направлении огромного звездного скопления, обозначаемого астрономами М13. Оно насчитывает сотни тысяч звездных систем, и если через 21 000 лет на какой-либо из тех планет будет существовать достаточно развитая цивилизация, то она получит наше послание и поймет, что на Земле есть разумные существа. Однако даже если обитатели М13 немедленно отправят ответное «письмо», то мы получим его только еще через 21 тысячу лет. Ситуация для организации переговоров представляется довольно безнадежной, поскольку обмен даже простыми репликами (вопрос – «Эй, есть тут кто-нибудь еще?», ответ – «Да-да, мы здесь!») будет длиться более сорока тысячелетий.

***

В массовом сознании работа ученого всегда связана с огромными лабораториями, сложными приборами и таинственными экспериментами, поэтому следует особо подчеркнуть, что Эйнштейн практически всю жизнь оставался «чистым» теоретиком. К удивлению (а иногда и к раздражению) многих коллег, он интуитивно находил блестящие решения сложных проблем и уже позднее начинал придумывать различные мысленные эксперименты для их доказательства. При этом психологически интересно, что Эйнштейн не любил (а возможно, не мог) объяснять ход своих рассуждений и развития интуитивных догадок. Многие мысленные эксперименты Эйнштейна, позднее ставшие классическими и общеизвестными, были связаны со сложными физическими и философскими проблемами. С ранней молодости Эйнштейну нравилось придумывать ситуации, возникающие при движении объектов со скоростью света, например воображать путешествия на гребне световой волны или представлять такое путешествие с зеркалом в руках. При этом Эйнштейн был твердо убежден, что эти сложные эксперименты должны быть обязательно представлены и объяснены в рамках здравого смысла (это еще раз свидетельствует, что его поразительные открытия не имеют ничего общего с метафизикой или мистикой).

Еще в юности Эйнштейн пытался представить себя пассажиром поезда, который мчится со скоростью света, и пытался понять, что должен видеть такой пассажир в зеркале, считая скорость света постоянной для пассажира (дальнейшие рассуждения, как ни странно, почти не зависят от того, соглашается ли кто-либо еще с этим условием). Может ли, рассуждал Эйнштейн, пассажир увидеть какие-то изображения в зеркале (свое собственное лицо или последний вагон поезда) и что он видит в действительности? Для получения изображения необходимо, чтобы луч света отразился от объекта (лица пассажира, последнего вагона и т. п.) и вернулся назад, а это представляется невозможным, поскольку сам поезд движется со скоростью света, а эта скорость (по определению) является предельной для всех объектов. Конечно, можно предположить, что в таком зеркале вообще ничего не отражается, но такой ответ противоречит здравому смыслу, который Эйнштейн всегда считал критерием истины, и поэтому такое решение он отвергал сразу.

Для понимания проблемы мы должны задуматься над тем, что видит наблюдатель, находящийся на платформе, мимо которой несется наш фантастический поезд. Наблюдатель может определить, что поезд движется со скоростью света (не забывайте,

что эксперимент мысленный!), но пассажир не может видеть наблюдателя в зеркале. Для этого вновь необходимо, чтобы отраженный луч света догнал поезд и зеркало, т. е. двигался с немыслимой удвоенной скоростью света).

Размышляя над такими задачами более десяти лет, Эйнштейн пришел к некоторым выводам, которые противоречили интуитивному восприятию, но стали основой специальной теории относительности. Вообще говоря, еще до Эйнштейна многие выдающиеся ученые уже понимали, что существующая в классической науке парадигма абсолютного времени должна быть существенно пересмотрена. Среди них в первую очередь следует отметить великого французского математика и теоретика Жюля-Анри Пуанкаре, в трудах которого еще за три года до публикации первой работы по теории относительности Эйнштейн наткнулся на знаменитую фразу: «…абсолютное пространство не существует… как не существует и абсолютное время». Многие ученые ощущали наличие этой весьма серьезной проблемы физики, но для ее решения потребовались гений и упорство Эйнштейна.

Основные идеи теории относительности могут быть сформулированы легко и точно, но проблема заключается в том, что их трудно «перевести» на язык повседневного опыта по двум важным причинам. Во-первых, описываемые теорией эффекты просто не могут происходить в привычном нам мире, где скорости движения объектов (тех же поездов) всегда существенно меньше скорости света. Во-вторых (что, кстати, значительно важнее), соображения здравого смысла привели Эйнштейна к выводу, что окружающая нас реальность (увы?!) несколько «сюрреалистична». Начнем с простого определения, которое прекрасно известно даже офицерам дорожной полиции: скорость равна пройденному расстоянию, деленному на время. Определяя радаром скорость вашей машины в 100 км/час, полицейский вполне здраво исходит из того, что ваша машина проходит в час расстояние в 100 километров. Мы все соглашаемся с этим простым, кажущимся самоочевидным определением скорости, поскольку в нашем мире расстояние и время являются абсолютными величинами, т. е. ни один час не длится больше другого, а все километровые участки на шоссе равны друг другу и даже уже размечены соответствующими указателями или столбиками.

Давайте попробуем, подобно Эйнштейну, задуматься над смыслом определения скорости (скорость равна отношению расстояния к времени) в мире, где расстояние и время больше не являются абсолютными величинами, т. е. *не фиксированы* точно.

Не смущайтесь, если вам ничего не приходит в голову, так как сам Эйнштейн позднее писал: «…сформулировав себе этот ошеломляющий вопрос, я на несколько дней впал в состояние полной растерянности».

Представление об относительности движения вот уже несколько веков является одним из основополагающих принципов физики и, в сущности, является достаточно простым и очевидным. Например, если вы находитесь в поезде, который плавно отходит от перрона с постоянной скоростью, то у вас есть только одна возможность определить эту скорость (или даже просто убедиться, что поезд *движется* вообще), а именно – выглянуть в окно. Вспомните, о чем постоянно твердят телевизионные клипы с рекламой дорогих автомобилей: «…Наша машина движется так мягко, плавно и спокойно, что Вы совершенно не чувствуете ее скорости!». Авторы рекламы совершенно правы, ведь каждый из нас испытывал странное ощущение в момент отправления поезда, когда вдруг начинает казаться, что поезд стоит, а платформа медленно отплывает назад (похожее чувство возникает и в автомобиле при медленном и плавном наборе скорости).

А теперь вернемся к пассажиру, который едет в железнодорожном вагоне со скоростью света и смотрит в зеркало. В соответствии с описанным выше принципом относительности, он должен видеть свое изображение, поскольку весь этот маленький, замкнутый мир (поезд, пассажир, зеркало) движется равномерно. Если воображаемый поезд движется плавно и бесшумно, а окна в купе зашторены, то пассажир может и не догадываться о движении, пока не отодвинет штору и не выглянет наружу. Такое объяснение удовлетворяло всех (включая и Эйнштейна), поскольку оно согласуется с основополагающим постулатом относительности всякого движения, который стоит сформулировать еще раз: скорость движения системы можно определить только относительно какого-либо внешнего объекта.

***

Однако стоит вспомнить, что в мысленном эксперименте Эйнштейна участвует также и наблюдатель на платформе, мимо которого мчится поезд. Он тоже замечает зеркало в руке пассажира, но с его точки зрения скорость света внутри поезда вдвое превышает обычную (она складывается из скорости света

при движении от зеркала к пассажиру + равная световой скорость самого поезда относительно платформы). Неужели он прав? Эйнштейн ответил на вопрос отрицательно, тем самым сразу преступив границы здравого смысла приводимых выше доводов. Он продолжал рассуждать именно логически, исходя по-прежнему из того, что скорость определяется отношением пройденного расстояния к времени. Для сохранения справедливости этой формулы (и для пассажира, и для наблюдателя, несмотря на очевидную разницу в системах отсчета) Эйнштейн предложил рассмотреть еще одну возможность, которую до него в физике никто не принимал всерьез, а именно – ввести одновременное изменение времени и расстояния! Эти два параметра, являющиеся абсолютными в привычном нам мире малых скоростей, в системах с околосветовыми скоростями начинают существенно изменяться, что и позволило Эйнштейну не только сохранить фундаментальный принцип относительности движения (скорость по-прежнему осталась равной отношению расстояния ко времени), но и одновременно получить из него новые, поразительные закономерности и следствия. Главное соотношение осталось неизменным, но для его «спасения» пришлось пожертвовать фундаментальными представлениями о пространстве и времени при описании движения с очень высокими скоростями.

В своей первой работе 1905 г. по специальной теории относительности Эйнштейн выдвинул два основных принципа: 1) скорость света не зависит от того, является ее источник неподвижным или движущимся, и 2) скорость света не зависит от системы отсчета и является одинаковой как для неподвижного наблюдателя (наблюдателя на платформе), так и для движущегося с любой скоростью (пассажира проезжающего мимо платформы поезда). Иными словами, эта скорость не связана с тем, лежите вы в шезлонге на пляже или находитесь на борту космического корабля, выходящего на околоземную орбиту. Она представляет собой некий общий и непреодолимый предел скорости движения всех объектов. Речь идет, строго говоря, не о скорости волн видимого света (покрывающих всего около 2% всего диапазона электромагнитного излучения), а о скорости всех волн этого излучения (от «бешеных», высокоэнергетических гамма-квантов до «ленивых» и слабых радиоволн).

Постоянство скорости света проявляется, прежде всего, в том, что ни одно из космических событий не доходит до Земли мгновенно, немедленно и сразу. Когда рентгеновский телескоп регистрирует чудовищный по масштабам взрыв и образование

черной дыры, «атакующей» огромный сектор звездного пространства, мы понимаем, что электромагнитным волнам пришлось пробежать огромное расстояние, так что воспринимаемый нами сигнал отстает от события на миллиарды лет. Именно поэтому понятие «одновременности событий» должно как-то включать в себя время в качестве отдельной переменной. Сочетание таких подходов позволяет перейти к более сложным мысленным экспериментам.

***

Давайте вообразим себе нечто более сложное, чем простые (хотя и сверхбыстрые) вагоны, и рассмотрим ситуацию, вполне пригодную для сценария «Звездных войн»: мы вторгаемся в чужую галактику на космическом корабле с защитным покрытием, которое поглощает все типы излучения, подобно так называемому черному телу, и делает наш корабль невидимым для радаров противника. Однако командир вражеского звездолета (представьте себе огромный диск с мощными лазерными излучателями по всей кромке) каким-то образом догадывается о нашем присутствии и приказывает дать залп по всем направлениям, в полной уверенности, что хотя бы один из выстрелов попадет в цель. Такая стратегия, с точки зрения противника, представляется точной и беспроигрышной при условии, что все лазерные излучатели выстрелят одновременно, и наш единственный шанс на спасение может быть связан именно с отсутствием понятия «одновременности» в релятивистской механике. Поскольку скорость света является постоянной, то (при достаточно больших размерах корабля противника) мы можем уловить отсутствие синхронизма, т. е. заметить, что более близко расположенные (с нашей точки зрения) лазеры должны начать стрельбу чуть раньше, а более удаленные – чуть позже. Понятие «одновременности» в таких ситуациях перестает быть абсолютным и начинает зависеть от *системы отсчета.*

Разумеется, читатель вправе спросить: какая из систем отсчета является более точной или «правильной»? Теория Эйнштейна не дает преимущества ни одной из них, полагая все системы *относительными.* Если расстояние между предметами (например, между компьютером и креслом командира) на вражеском корабле составляет три метра, то из этого вовсе не следует, что оно будет равно тем же трем метрам при измерении

в иной системе. Теория относительности категорически запрещает саму возможность измерения точных размеров и соотношений для описываемых систем. Например, наблюдатели на двух космических кораблях, двигающихся параллельным курсом с околосветовыми скоростями, никогда не смогут точно сравнить их размеры. Никакие аккуратные «отметки» и измерения не помогут, поскольку для таких кораблей невозможно найти единые «меры длины». Более того, если бы наблюдатели могли во время такой воображаемой встречи слышать тиканье часов на борту проходящего мимо корабля, то они бы с удивлением обнаружили, что часы в разных системах отсчета тоже идут по-разному (часы на движущемся корабле идут медленнее, что было названо эффектом растяжения или *замедления времени)*.

***

Мысленные эксперименты удобны тем, что в них можно легко пренебречь массой несущественных особенностей реальности и сконцентрировать внимание на принципиальных характеристиках рассматриваемых систем. Конечно, описанные выше мысленные эксперименты и наблюдаемые в них так называемые релятивистские эффекты невозможно проверить в привычных условиях, но выведенные Эйнштейном уравнения позволяют точно описать многие странные явления, возникающие при движении систем с релятивистскими скоростями.

На эффектах и парадоксах теории относительности построено множество сюжетов научно-фантастических романов и фильмов. Особенно понравилась романистам идея о замедлении времени, и читатель наверняка может вспомнить какой-нибудь вариант истории о космическом корабле, вернувшемся на Землю (которую условно можно считать неподвижной) с космонавтом, постаревшим всего на несколько лет, в то время как все его сверстники стали глубокими старцами или уже умерли. Кстати, величину этого эффекта можно рассчитать по довольно простым формулам (например, при скорости, равной *99%* от скорости света, время в корабле будет течь в семь раз медленнее, чем на Земле, так что после 10-летнего полета космонавты действительно увидят родную планету постаревшей на 70 лет). В общем случае, при приближении к скорости света в движущейся системе замедляется время, увеличивается вес объектов и их длина.

Эйнштейн пытался представить и описать движение с релятивистскими скоростями в случае электронов (самых маленьких субатомных частиц, вращающихся вокруг атомного ядра), что представляет особый интерес, поскольку электроны можно легко ускорять различными методами. Из его уравнений следовало, что время в собственной системе отсчета электрона при возрастании скорости начинает замедляться, в результате чего ускорение (при той же действующей силе) уменьшается, и это эквивалентно «утяжелению» электрона, т. е. увеличению его массы. Рассуждения подобного типа привели Эйнштейна еще в 1905 г. к фундаментальному открытию, что масса тела является мерой содержащейся в нем энергии, что и выражает ставшая знаменитой и общеизвестной формула $E = mc2$, где c означает скорость света, a E – полную энергию тела с массой m.

Это простое уравнение в действительности имеет весьма глубокий смысл, поскольку наглядно демонстрирует, что энергия и масса (которые всегда считались совершенно разнородными понятиями) являются разными представлениями одной и той же сущности. Выделяя или поглощая энергию, материальные объекты просто переводят эту сущность из одной категории в другую во всех процессах, независимо от того, идет речь о горении куска угля, любовных играх или взрывах Сверхновых.

Приведенная выше формула и ее применение кажутся достаточно простыми и понятными, но гораздо более сложными и парадоксальными были рассуждения Эйнштейна о различных эффектах, возникающих при приближении к световому порогу скорости, поскольку для их объяснения ученый пользовался необычной смесью из здравого смысла, собственных интуитивных озарений и весьма сложных математических уравнений. Однако еще более сложной для восприятия широкой общественности оказалась обобщающая концепция пространства-времени, которая вытекала из предлагаемой Эйнштейном теории.

***

Учет времени в качестве четвертой координаты означает фактически, что мы не можем указать положение какого-либо тела в пространстве без указания точного времени измерения, и обратно. Ни одну пару событий в мире нельзя считать одновременной, поскольку все они разделены существованием порогового значения скорости, неким общим ограничением на

передачу информации, которое относится ко всем видам электромагнитного излучения. Никакие командиры кораблей с релятивистскими скоростями никогда не узнают, насколько синхронны залпы их лазерных излучателей, поскольку каждый будет пользоваться собственной системой отсчета, собственными критериями времени и расстояния.

Математически положение тел в четырехмерном пространстве-времени можно описывать столь же легко и удобно, как координаты точки на листе обычной миллиметровки, однако это обстоятельство не облегчает понимания теории, поскольку почти все мы привыкли к обычному, трехмерному восприятию пространства (в котором, как нам кажется, и проходит наша жизнь). Поэтому читателю лучше не напрягать свое воображение, а просто попытаться понять «принципы действия» предлагаемой теории.

О наглядности физических моделей или теорий следует сказать хотя бы несколько слов, поскольку именно наглядность была характерной особенностью классических представлений. Все мы, например, привыкли воспринимать гравитацию в качестве силы, которая заставляет яблоко падать на голову юного Исаака Ньютона в соответствии с общеизвестной гравюрой в школьных учебниках. Позднее историки выяснили, что история с яблоком является легендой, возникшей через много лет после смерти Ньютона, но она до сих пор наглядно демонстрирует детям действие закона всемирного тяготения и прекрасно запоминается. Строго говоря, никто не понимает механизма гравитации, которая столетиями остается загадкой, несмотря на приятную и столь понятную всем картинку с яблоком (Эйнштейн безуспешно размышлял о гравитации несколько десятков лет, но и ему не удалось создать точную теорию этого явления).

Через 10 лет после публикации первой работы по специальной теории относительности Эйнштейн занялся проблемами гравитации и создал так называемую общую теорию относительности, ставшую его вторым главным научным открытием. Именно она позволила Эйнштейну предсказать величину отклонения света удаленных звезд в гравитационном поле Солнца, поразившую британских астрономов, наблюдавших затмение 1919 года. Это предсказание и сделало его мировой знаменитостью, хотя в действительности всё гораздо более сложно (Эйнштейн предсказывал, что гравитационное поле Солнца будет искривлять пространство-время, а свет от звезд должен был лишь двигаться по искривленным траекториям.)

Новая теория и ее наглядное астрономическое подтверждение знаменовали собой революционные изменения в

научном описании и понимании мира вообще (начиная с нашей маленькой, уютной Солнечной системы и кончая далекими галактиками). Древние греки когда-то полагали, что Солнце, планеты и звезды закреплены на огромных прозрачных сферах, вращающихся вокруг Земли. Позднее, благодаря Галилею и Копернику, мы поняли, что Земля и остальные планеты вращаются вокруг Солнца, а в начале XX века Хаббл доказал, что даже гигантские звездные системы вращаются и убегают друг от друга в просторы космоса с огромной скоростью. Все эти системы объединяло одно – в них предполагалось, что эти немыслимо сложные движения обусловлены какими-то силами (которые мы пока просто не понимаем), связанными с взаимодействием между объектами.

Между тем, уравнения и мысленные эксперименты Эйнштейна принципиально изменяли сам подход к проблеме. Гравитация переставала быть просто силой, удерживающей Землю на орбите (подобно тому, как мы держим на поводке собаку), а превращалась в нечто совершенно иное. Масса Солнца создавала не просто гравитационные силы, а непосредственно линии и поверхности того, что можно назвать геометрией или «тканью» пространства-времени, а небольшие объекты (вроде Земли) двигались по этим искривленным линиям и поверхностям, подобно мальчишкам, катающимся на роликовых досках-скейтбордах.

Читатель наверняка уже заметил, что любая попытка разъяснить или проиллюстрировать идеи Эйнштейна скорее порождает новые вопросы и сомнения, чем разрешает старые, однако именно это, совершенно неожиданное и необычное представление об искривлении линий в едином пространстве-времени, создаваемом гравитационными массами, позволило ученым более точно описать окружающий нас мир. Сам Эйнштейн объяснял необходимость развития общей теории относительности желанием преодолеть очевидную ограниченность описанной выше специальной теории относительности. Вспомним, что еще с первой работы 1905 г. в исходной теории рассматривалось движение различных объектов (совершенно неважно, идет речь о движении поездов, космических кораблей, пароходов или лифтов) лишь с постоянной скоростью относительно других, считающихся неподвижными, систем отсчета. Естественно, что Эйнштейн пытался (хотя бы только мысленно) рассмотреть гораздо более сложную ситуацию, в которой сами системы отсчета движутся с ускорением.

Давайте еще раз, вслед за Эйнштейном, пофантазируем на тему галактических сражений и представим себе, что наш

космический корабль резко ускоряется, пытаясь просто побыстрее ускользнуть от противника в глубинах Млечного Пути. Мы не можем определить скорость движения, но в какой-то момент видим, как лазерный луч противника пробивает обшивку корабля и создает выходное отверстие на противоположной стенке (эксперимент мысленный, так что не стоит беспокоиться о последствиях и ранениях). Эйнштейн логически пришел к выводу, что в ускоряющемся корабле мы с удивлением должны заметить «кривизну» траектории лазерного выстрела, хотя свет всегда должен двигаться по прямой линии. Изгиб траектории соответствует изменению пространства под воздействием того, что мы на своем обычном языке (исходя из законов Ньютона) называем гравитацией. Иными словами, Эйнштейн вдруг пришел к выводу, что искривление пространства, обусловленное ускорением, эквивалентно искривлению, связанному с гравитацией, т. е. гравитация и ускорение системы отсчета представляют собой одно и то же физическое явление. Именно это он назвал позднее «счастливейшей мыслью всей моей жизни».Эйнштейн пришел к этому выводу после многих лет напряженной работы и кропотливых расчетов, но очень многие физики не смогли понять и признать это великое открытие из-за сложности используемого математического аппарата, а также из-за того, что предлагаемая теория вела, по их мнению, к слишком революционной ломке основных понятий классической физики. Картина непрерывно меняющегося, искривляющегося или деформируемого пространства-времени противоречила «здравому смыслу» не только обывателей, но и самих физиков-теоретиков.

Входящие в теорию Эйнштейна уравнения, действительно, настолько сложны, что неспециалисту легче отработать неделю землекопом, чем проследить за логикой их вывода в самых простейших случаях, поэтому нам остается лишь принимать к сведению ошеломляющие выводы предлагаемой теории. Подчеркнем еще раз две основные особенности творчества Эйнштейна: во-первых, он всегда следовал логике математических выкладок (даже в тех случаях, когда выводы теории противоречили фундаментальным представлениям, выработанным человечеством в течение тысячелетий); во-вторых, если какие-то интуитивные прозрения казались ему разумными, то он продолжал упорно отстаивать их, несмотря на отсутствие прямых доказательств. Читатель, всерьез заинтересовавшийся теорией относительности, имеющий некоторые познания в высшей математике и сохранивший страсть к игре воображения и интеллекта, может задуматься над некоторыми из выведенных Эйнштейном уравнений хотя бы для того, чтобы получить

представление о том, как логически безупречные математические построения могут приводить к внешне абсурдным результатам теории относительности.

Читатели, помнящие известные фотографии играющего на скрипке Эйнштейна (кто-то из аккомпаниаторов отметил, что он играл «абсолютно правильно, но совершенно неинтересно»), надеюсь, простят мне несколько натянутое сравнение его творческого метода с музыкальной темой в конце 16-го струнного квартета Бетховена, которую многие музыкальные критики обычно трактуют в форме вопроса и ответа. «Должно ли это случиться? Да! Это должно случиться!».

Лишь однажды Эйнштейн изменил своей твердой позиции и отказался от собственных интуитивных предвидений, о чем впоследствии вспоминал как о «главной ошибке жизни». Напомним, что великие теории Эйнштейна были предложены задолго до открытия Хабблом процесса расширения Вселенной, узнав о которых, Эйнштейн впервые в жизни не смог преодолеть внутреннее «чувство очевидности» и попытался спасти статичную картину мироздания. В его уравнениях была использована так называемая «космологическая постоянная», связанная с еще неизвестным взаимодействием (некий вариант антигравитации) и позволяющая Вселенной сохранять неизменным свой размер. Открытия Хаббла сделали эту «уловку» излишней, и Эйнштейн убрал поправку из уравнений, о чем впоследствии неоднократно сожалел.

Позднее оказалось, что его теория гравитации вполне подходит именно к такой динамичной (расширяющейся или сжимающейся) модели строения мира. Дело в том, что скорость разбегания галактик, вычисляемая по уравнениям теории относительности, никак не удавалось связать ни с общим количеством известного нам вещества Вселенной, ни со временем образования новых галактик, вследствие чего ученым позднее пришлось вытащить из архивов запыленные старые публикации, посвященные космологической постоянной, и внимательно перечитать их заново. К удивлению многих, эта величина (введенная Эйнштейном для удобства решения конкретной задачи) через десятилетия вновь оказалась в центре внимания теоретиков, а ее использование перестало считаться ошибкой гения (по крайней мере, ошибкой в обычном значении этого слова). Биография Эйнштейна еще раз продемонстрировала, как трудно в жизни великого человека отделить его достижения от его личности (поэт Йитс когда-то писал, что «танцор и танец неразделимы!»).

Хаббл обнаружил разбегание галактик в пространстве, а

Эйнштейн доказал, что в кажущемся стабильным мире не сохраняются даже самые фундаментальные представления о пространстве и времени, так что мы можем определить лишь наше собственное, «домашнее» время и описывать лишь близкие нам события. Наблюдая за космическими объектами, мы буквально вглядываемся в «прошлое», в то время как во Вселенной какие-то неведомые нам, мощные и невидимые силы непрерывно преобразуют пространство-время, создавая на нем новые складки и необычные формы.

Отсутствие понятия одновременности в окружающем нас мире, возможно, станет ближе и понятнее читателю, если вспомнить, что даже обычное человеческое общение осуществляется только через физическую среду или посредством технических устройств (например, с использованием электромагнитных волн), т. е. всегда происходит с какой-то, может, очень незначительной, но неизбежной задержкой. Философски настроенный читатель может уловить в этом даже некий символ вечного одиночества любого индивидуального человеческого существования.

Несмотря на все сказанное, большинство физиков поколения Эйнштейна довольно быстро свыклись с необычными приемами и выводами теории относительности, поскольку полученные Эйнштейном уравнения широко использовались, приобретали новый смысл и приводили к новым, хотя и внешне парадоксальным результатам. В каком-то смысле теория относительности оказалась более приемлемой и «понятной», чем описываемая в следующей главе квантовая теория Бора, постулирующая принципиальную нестабильность мира и непредсказуемость поведения атомов, составляющих основу воспринимаемого нами мира. Эйнштейн твердо верил в существование строгих законов природы, определяющих «правила существования» вещества, и ему была глубоко чужда сама мысль о том, что при изучении атома можно столкнуться с изменением свойств вещества, с неким переходом от материи к набору вероятностей.

Как будет показано ниже, в квантовой физике поведение субатомных частиц (даже тех, которые составляют наше собственное тело) совершенно не согласуется с представлениями о «здравом смысле» и может быть описано лишь исключительно сложным математическим аппаратом. Размышляя о законах природы и личной роли ученых в формулировке «правил поведения» вещества, лауреат Нобелевской премии Роберт Лофлин пишет: «Развитие физики доказывает нам, что правила и законы, выводимые без какого-то интуитивного угадывания,

почти всегда оказываются ошибочными, из чего можно сделать вывод, что законы природы должны быть скорее угаданы, чем изобретены или придуманы». По-видимому, это справедливо и по отношению к законам квантовой физики, хотя в ней граница между открытием и угадыванием законов до сих пор остается зыбкой и неопределенной.

Глава 3

Нильс Бор и загадочная квантовая механика

Судя по рассказам окружающих и близких, датчанин Нильс Бор с юности сильно отличался от своих соотечественников, известных веселым и даже шутливым нравом. Атлетически сложенный, спокойный, молчаливый и блестяще образованный молодой теоретик (можно только отметить, что его образование было несколько беспорядочным) всегда выделялся уравновешенностью и страстью к порядку, что касалось даже его семейных отношений (после свадьбы молодая супруга стала переписывать статьи мужа, чем ранее занималась его мать). Возможно, характер Бора станет понятнее читателю, когда он узнает, что из всех методов изучения английского языка Нильс выбрал, по-видимому, один из самых сложных – чтение романов Чарльза Диккенса в оригинале.

В зрелом возрасте он стал находить нечто занимательное и даже забавность в своих исследованиях и открытиях, а ему посчастливилось открыть целый мир квантовых, субатомных частиц и связанных с ними виртуальных явлений, управляемых непривычными нам законами. В отличие от знакомых нам материальных точек, подчиняющихся законам Ньютона, объекты квантовой механики напоминают скорее липкие шарики, которые могут раздуваться или сжиматься, они не подчиняются законам тяготения и способны даже одновременно находиться в двух разных точках пространства.

Таинственные и пугающие названия (квантовая физика, субатомные частицы) продолжают использоваться, так как пока никому не удалось создать сколь-нибудь понятную концепцию поведения вещества на этом уровне. Дело обстоит именно так – никто не понимает и даже не претендует на понимание законов квантовой механики. В отличие от теории относительности, которая имеет ясный, но концептуально сложный характер, законы квантовой механики являются очень простыми по форме и

способам использования, но описываемый ими мир выглядит забавным и странным, а иногда даже пугающим.

Нильс БОР

Субатомными называют частицы, входящие в состав атома или участвующие в атомных взаимодействиях (электроны, протоны, нейтроны и многочисленные иные частицы), а определение «квантовый» родилось естественным образом, отражая основную особенность поведения таких частиц. Квантовая теория возникла из работ знаменитого Макса Планка, который в 1900 г. обнаружил, что свет и другие формы лучистой энергии представляют собой вовсе не волны, а поток крошечных дискретных порций энергии, называемых квантами. На основе этой гипотезы Планку удалось решить одну из самых сложных и запутанных задач классической физики, а именно спектр излучения так называемого «абсолютно черного тела». Этот придуманный физиками теоретический объект отличается тем, что поглощает полностью все попадающее на него излучение (кстати, не следует думать, что объект действительно является чем-то абстрактным, поскольку обычная сажа, например, поглощает примерно 98% любого излучения). Дело заключалось в том, что весь создаваемый десятилетиями аппарат теоретической физики не мог объяснить и описать спектр излучения «черного тела». Планку неожиданно удалось получить совершенно точное решение задачи благодаря тому, что он просто ввел некоторые дискретные значения частоты и энергии вместо полагающихся

непрерывных величин. Позднее Планк сам не мог рационально объяснить ход своих рассуждений, поскольку он просто пытался найти математический прием, позволяющий решить конкретную задачу и получить совершенно точно известную кривую распределения интенсивности, однако найденный им подход обозначил огромный сдвиг в научном и философском познании мира. После этого свет перестал считаться непрерывным излучением и превратился в поток частиц-дробинок (которые позднее Эйнштейн назвал фотонами), а теплота стала ассоциироваться с дискретным излучением атомов при переходе с одного энергетического уровня на другой.

Квантовая физика стала настолько невероятным вызовом здравому смыслу, что сам Планк начал относиться к ней несколько настороженно и недоверчиво. В этой науке факты и постулаты упрямо отказываются отвечать на главные и излюбленные вопросы естествоиспытателей и философов: «Почему? Зачем? Как?». Ее законы позволяют не объяснить, а, скорее, достаточно точно описать ход событий в микромире, которые, однако, вообще не укладываются в сколь-нибудь понятную нам схему или в другую, более понятнутную комбинацию законов.

***

Одним из самых распространенных терминов новой науки стал «квантовый скачок», вызывающий у обычного человека некую ассоциацию с «Большим Скачком» в лозунгах председателя Мао. Понятие возникло в результате важнейшего открытия Нильса Бора, и на его примере можно наглядно продемонстрировать отличие квантово-механических представлений от привычных нам ньютоновских. Для лучшего понимания следует вспомнить историю ядерной физики. Примерно сто лет назад, в 1911 году Эрнест Резерфорд сделал сенсационное открытие и показал, что все кажущиеся нам твердыми объекты фактически состоят из… пустого пространства (это относится и лично к вам, читатель!). Человеческое тело содержит около 30 триллионов клеток, в состав каждой из которых, в свою очередь, входят примерно 90 триллионов атомов. Так вот, результаты опытов Резерфорда убедительно и однозначно продемонстрировали, что каждый атом состоит из очень маленького ядра или центра, в котором, однако,

сосредоточена практически вся его масса, и совершенно крошечных электронов (с массой лишь около 0,002 от массы протонов и нейтронов, составляющих ядро), причем эти электроны вращаются на огромных расстояниях (естественно, в ядерных масштабах). Если бы ядро было достаточно большим (например, имело вид шарика с диаметром 0,5 см), то электроны вращались бы вокруг этого шарика на расстоянии в 700 метров, что соответствует примерно горошине в центре гигантского круга, площадью в несколько футбольных полей. Ядро, в котором заключена практически вся масса атома, занимает лишь одну миллионную долю его объема (поэтому, собственно говоря, любые описания атомов остаются приближенными или условными), но несет положительный электрический заряд, равный отрицательному заряду всех электронов вместе, в результате чего атом в целом остается электрически нейтральным.

На блестящих экспериментах и гипотезах Резерфорда основана вся современная атомная физика, но вначале отношение к ним оставалось довольно скептическим, прежде всего потому, что Резерфорд был скромным молодым практикантом, приехавшим в знаменитый Кембриджский университет из Новой Зеландии. Неудивительно, что именитые английские физики, полагавшие себя единственными и прямыми наследниками или хранителями великого теоретического наследия Исаака Ньютона (в Кембридже этих профессоров называли Старыми Быками, Old Bulls), отвергали идеи Резерфорда почти без обсуждения, поскольку эти идеи явно противоречили всем законам классической ньютоновской физики. Атом с предлагаемой Резерфордом структурой действительно не имел никакого права на существование в рамках старых представлений и должен был неизбежно распадаться или «сплющиваться», в то время как входящие в его состав вращающиеся электроны были обязаны непрерывно излучать энергию и «падать» на положительно заряженное, устойчивое и массивное ядро. В классической теории ни один электрон не мог удерживаться на орбите долго, и все атомы (а за ними и вся Вселенная) должны были очень быстро схлопнуться в крошечную по объему горстку ядер.

***

Однако через два года Нильс Бор пробил еще одну брешь в

«крепостной стене» классической теоретической физики, применив к теории атома принципы эйнштейновской теории относительности, причем применив их самым решительным образом. В своих первых работах Эйнштейн рассматривал свет в качестве волн, но уже в 1905 году (следуя Планку) стал описывать видимый свет и любое другое электромагнитное излучение как поток дискретных частиц (кстати, работы Эйнштейна по теории относительности и квантовой механике были опубликованы почти одновременно). Слово «квант» по-латыни означает порцию, небольшую часть чего-то, а Эйнштейн удачно предложил для крошечных порций светового потока термин «фотон», который быстро стал общеупотребительным.

Через два года после появления резерфордовской модели атома Нильс Бор выдвинул неожиданную и блестящую гипотезу, согласно которой электроны в атоме не падают на ядро по той простой причине, что они могут двигаться лишь по строго определенным правилам. Точно так же как кванты энергии отражают «разрывную», дискретную природу излучения, существование и движение электронов в модели Бора отражало «разрывную», дискретную природу строения самих атомов. В частности, модель предполагала, что электроны в атоме могут находиться лишь в некоторых, строго определенных энергетических состояниях, которым и соответствуют наблюдаемые и реально существующие стационарные электронные орбиты.

Гипотеза настолько противоречила представлениям классической физики, что сам Бор называл ее «сумасшедшей». Более того, существование в атоме выделенных орбит казалось противоречащим не только здравому смыслу, но и всему опыту человечества. Например, астрономы прекрасно знают, что Луна вполне может вращаться вокруг Земли по несколько иной орбите (кстати, так все и обстоит на самом деле, поскольку Луна постоянно отдаляется от Земли со скоростью около 3 сантиметров в год), а Земля вполне может сместиться в своем движении ближе к Солнцу и т. д. По гипотезе Бора движение электронов подчинялось совершенно иным законам, поскольку электрон мог совершать скачок (или квантовый переход), при котором он полностью «исчезает» на одной орбите и в то же мгновенье «возникает» на другой. Физики не понимали, как это вообще может происходить! Es muss sein! Как электрон может попадать из одной точки пространства в другую, минуя все остальные? Поведение электрона в модели Бора не соответствовало, строго говоря, даже тому смыслу, который обычно вкладывается в понятие «прыжок», поскольку его

положение при переходе не определяется никакими координатами и связано с непонятными и странными для нашей логики закономерностями.

При переходе с орбиты на орбиту электрон излучает или поглощает энергию, что позволило Бору предсказать частоты спектральных линий для простейшего атома водорода и найти решение одной из важнейших задач, давно занимавшей ученых. Дело в том, что еще в начале XIX века физики и химики начали регистрировать спектральные линии и связывать их с определенными химическими элементами. На этой основе возникла обширная наука, названная спектрографией, которая широко использовалась для изучения химического состава земных и небесных объектов, несмотря на то, что никто из специалистов не понимал природу и механизм возникновения спектров различных веществ.

Квантовая механика позволила совершенно точно ответить на все вопросы спектрографии, как бы удовлетворяя извечную человеческую страсть к поиску объяснений. Из теории Бора непосредственно вытекали простые и ясные правила отбора по спектральным линиям: когда электрон исчезает или возникает (на низкоэнергетической или высокоэнергетической орбите), то он излучает или поглощает кванты, в результате чего в спектре соответствующего вещества и возникают, соответственно, темные и яркие линии. Атомы каждого химического элемента обладают строго заданными электронными структурами, что и позволяет спектрографам с высокой точностью идентифицировать химический состав вещества даже космических тел, благодаря регистрации квантовых скачков в электронных структурах образующих их элементов. Читатель легко может проверить последнее утверждение, заметив красноватый отблеск многих небесных объектов, что объясняется квантовыми переходами электронов между высшими и низшими орбитами в самом распространенном элементе Вселенной – водороде (при таких переходах излучаются кванты красной области видимого спектра).

При этом Бору не удалось дать оппонентам, конечно, никаких физических обоснований ни числу электронов, ни структуре их орбит. Он просто сумел гениально угадать некие общие закономерности и объяснить, почему и как наши приборы регистрируют некоторые реальные процессы, происходящие внутри атомов. Надо сразу подчеркнуть, что профессоров Кембриджа (тех самых упомянутых выше Старых Быков) теории Бора огорчили даже сильнее, чем эксперименты и гипотезы Резерфорда. Вспомните, что каждый из них, начиная в молодости

заниматься наукой, постоянно мечтал найти какие-то разумные, «взрослые» ответы на свои «детские» вопросы. Психологически эти люди ждали от науки четких и понятных объяснений наблюдаемых физических явлений, т. е. хотели выявить некую логику в законах природы. Идеи Бора казались им не только непонятными, но и нелогичными. Какое-то время в модели Бора оставались нерешенными некоторые сложные математические задачи, однако их решением с энтузиазмом занялись многие молодые талантливые физики, которым довольно быстро удалось создать стройную и серьезную теорию, ставшую фундаментом принципиально новой науки.

Обнаружилось, что для описания любого атома в модели Бора необходимо вычислить или задать четыре главных параметра для каждого электрона, а именно: размер электронной орбиты, ее форму (обычно она похожа на эллипс, а не на окружность) и направленность, а также спин электрона (некое собственное вращение, осуществляемое по часовой стрелке или в обратном направлении). Каждому из указанных параметров соответствует особое квантовое число, набор которых и определяет конкретное энергетическое состояние электрона. Основное правило для атомных систем (физики называют его «принципом исключения») гласит, что каждой орбите, т. е. стационарному состоянию электрона, может соответствовать лишь один-единственный набор значений описанных выше квантовых чисел. Орбиты заполняются, начиная с более низкоэнергетических, а любой другой свободный электрон может занять в атоме лишь следующую орбиту с более высокой энергией.

Трудом и талантом многих физиков-теоретиков удалось довольно быстро построить так называемую квантово-механическую модель атома, в которой последний похож не на футбольный мяч, а скорее на почти пустой, пульсирующий шарик энергии, способный к неожиданным и энергичным изменениям. Затем очень быстро удалось получить множество блестящих теоретических и экспериментальных результатов, подтверждающих новую модель. Наиболее важным из них оказалась прямая регистрация протона в 1919 г. и нейтрона в 1932 г. Сегодня можно только удивляться тому, как легко множество молодых ученых решительно и даже безрассудно забросили свои предыдущие увлечения и занялись сложнейшими математическими задачами новой науки. Конечно, исследования возглавлял сам Нильс Бор (он и вошел в историю в качестве «отца квантовой механики»), учениками которого было почти целое поколение блестящих ученых, поверивших в новую науку, хотя и

постоянно ссорившихся друг с другом относительно ее частных приложений и общефилософских обоснований. Это было временем увлекательной и плодотворнейшей работы будущих великих ученых, из которых следует выделить Гейзенберга (известного дамского угодника), Шрёдингера (заядлого альпиниста и путешественника) и самого Бора (любителя футбола, который иногда впадал в глубокие размышления именно в разгаре игры и переставал следить за мячом).

Разумеется, научное сообщество встречало новые открытия весьма скептически. Например, кто-то из Старых Быков ехидно говорил, что «квантовая механика – всего лишь жалкая попытка изобразить понимание процессов», на что Бор осторожно отвечал репликой, что его утверждения «представляют собой скорее вопросы или предположения, а не строгие утверждения». Сторонником и активным участником исследований и дискуссий был Эйнштейн, который позднее назвал теоретические построения Бора проявлением «высшей музыкальности творческой мысли».

Напомним, что квантовая физика сразу и практически без объяснений делит мир на две части – макрокосм (объекты крупнее атома) и микрокосм (субатомные частицы). Кажущаяся хаотичной квантовая механика на самом деле достаточно точно описывает поведение атомов и более мелких частиц вещества. С другой стороны, классическая физика и теория относительности в соответствии со своими собственными законами позволяют описывать более крупные объекты (от атома до далеких галактик, квазаров и черных дыр), вследствие чего большинству физиков казалось просто непонятным, почему квантовая физика неприменима для рассмотрения объектов и явлений всего окружающего нас мира. Впрочем, однажды девятилетний сын моего приятеля, случайно присутствовавший при разговоре о квантовой механике, вдруг уверенно заявил мне, что идея Бора о стационарных состояниях весьма разумна и проста (мальчик сказал: «…ведь это похоже на скоростной лифт, который останавливается лишь на определенных этажах»).

***

В 1925 г. молодому ученику Бора Вернеру Гейзенбергу исполнилось только 23 года, но ему уже удалось получить строгое обоснование концепции квантовых скачков между

фиксированными атомными орбитами. Разработанный им математический аппарат являл собой сложную систему алгебраических уравнений (это, впрочем, мало пугало теоретиков, привыкших после Эйнштейна к головокружительным логическим построениям), однако проблема состояла в том, что уравнения Гейзенберга позволяли осуществлять только точный расчет орбит электронов, но не позволяли создать хоть сколь-нибудь понятную, зримую модель протекающих процессов. Иными словами, они обеспечивали лишь математическое описание атома, не давая никакой наглядной «картинки».

Другой молодой теоретик, Эрвин Шрёдингер сумел найти еще более удивительное свидетельство «безумности квантового мира». Он просто стал применять к частицам математический аппарат теории волн и… неожиданно тоже получил точные решения для электронных орбит. Разумеется, среди физиков-теоретиков немедленно начались ожесточенные споры о том, какое из предложенных описаний структуры атома (механика частиц Гейзенберга или волновая механика Шрёдингера) является правильным? Следует особо подчеркнуть, что в науке (как, впрочем, и во многих других областях деятельности, например в семейных отношениях и т. п.) наличие двух объяснений одного события всегда чревато крупными неприятностями, так что в квантовой физике сразу разгорелся нешуточный спор.

Казалось совершенно невероятным, что электроны можно описывать, пользуясь совершенно разными математическими аппаратами и разными типами уравнений, т. е. рассматривая их то в качестве частиц, то в качестве волн. Объект исследования должен был представлять собой (по крайней мере, в соответствии со здравым смыслом) либо то, либо другое. Читатель может представить себе частицы в виде маленьких, более или менее твердых шариков, способных отталкиваться (или как-то иначе взаимодействовать) друг с другом, что вполне согласуется с понятиями традиционной теоретической физики. В свою очередь, волны могут накладываться друг на друга, проходить друг через друга и усиливаться (или ослабляться) при взаимодействии, создавая более крупные (или, соответственно, мелкие) волны, причем такое поведение тоже прекрасно укладывалось в рамки традиционной физики, хотя и относилось к совершенно иному классу явлений и объектов. Проблема заключалась в том, что эти два описания нельзя было использовать одновременно для одного объекта.

Бурные разногласия в среде теоретиков кончились в 1926 г., когда Макс Борн нашел решение проблемы, которое используется до настоящего времени и сводится к тому, что… никакого ответа

на поставленный выше вопрос не существует в принципе! Борн показал, что некорректной является сама постановка задачи о состоянии электрона, поскольку, строго говоря, мы можем говорить лишь о вероятности такого состояния или о возможности его реализации. Волна в уравнении Шрёдингера относится не к физически существующему объекту (типа привычных радиоволн или света), а к некоторому абстрактному понятию, а именно – к вероятности нахождения электрона в заданной точке пространства.

***

Еще дальше в исследовании загадочного поведения квантовых объектов продвинулся Гейзенберг, которому удалось обнаружить в проблеме (волна/частица) совершенно неожиданный поворот мысли и придать этой дуальности новый физический смысл. Рассмотрим подробнее процесс взаимодействия светового кванта (фотона) с веществом и вспомним, что способность видеть основана на регистрации фотонов, излучаемых объектом или отраженных от него (например, ночная тьма наступает после захода Солнца, когда линия горизонта прерывает поток солнечного света). Гейзенберг продемонстрировал, что эта ситуация выглядит иначе при освещении фотоном какой-либо субатомной частицы. Действительно, давайте представим себе крошечный фотон (математики называют такие сверхмалые объекты бесконечно малыми), сталкивающийся с отдельным (таким же бесконечно малым) электроном. Конечно, отраженный фотон приносит нам «информацию» о местоположении электрона, но совершенно ясно, что соударение одновременно изменяет это положение из-за самого процесса столкновения, так что получаемая нами информация является недостоверной и фактически говорит лишь о положении электрона до столкновения, а не в текущий момент времени. Читатель может легко сообразить, что посылка следующего фотона (для уточнения информации) не исправляет положения, поскольку он тоже несколько сместит координату электрона и т. д. Кстати, эта ситуация не является выдуманной, а целиком и полностью соответствует условиям и ограничениям реальных экспериментов с квантовыми объектами. Например, длина волны видимого света слишком велика для точного определения координаты электрона, вследствие чего

экспериментаторы для повышения точности вынуждены пользоваться электромагнитным излучением с более короткими волнами (например, рентгеновскими лучами), однако такие кванты несут больше энергии и, естественно, значительно сильнее смещают электроны с исходных позиций.

Таким образом, мы никогда не можем точно определить координаты конкретного электрона, а можем лишь указать его положение в момент измерения и приблизительно вычислить (исходя из массы и других параметров столкновения) вероятность его местоположения в некотором диапазоне в последующие моменты времени.

Гейзенберг получил ставшее знаменитым соотношение, связывающее неопределенности в вычислении координат электрона и его импульса, возникающие при любых попытках одновременного измерения этих параметров. Уравнение было названо принципом неопределенности и получило широкую известность и популярность во многих далеких от физики сферах деятельности (например, в поп-культуре), где этому принципу, разумеется, были даны совершенно произвольные и неожиданные толкования.

Введенная Гейзенбергом неопределенность имеет весьма необычный и произвольный характер, так что ее учет может показаться даже «занудством» для всех тех, кому хотелось бы верить в существование физического мира, управляемого строгими и незыблемыми законами, когда при достаточном умении и наличии соответствующей аппаратуры можно осуществлять любые необходимые измерения. В 1927 г. Гейзенберг показал, что обнаруженный им принцип в несколько необычном смысле позволяет прояснить описанную выше запутанную ситуацию с определением координат электрона. Действительно, в соответствии с принципом неопределенности, мы не можем точно определить траекторию электрона, но вполне можем получить вероятность значений его координат в виде некоторой волновой функции. Иными словами, с математической точки зрения, в микромире электрон может быть эквивалентно описан и как волна, и как частица, т. е. проблема связана не с отсутствием достаточно точных методов детектирования микрочастицы, а с принципиальной неопределенностью того, что мы привыкли называть и считать «реальностью».

Из сказанного следует, что электрон имеет дуальную природу, поскольку может выступать в качестве волны, частицы или даже комбинации этих представлений. Почему? Да просто потому, что он способен вести себя по-разному! Вот уже несколько десятков лет физикам приходится удовлетворяться

этим ответом, хотя очень многим из них он представляется неубедительным и неточным (Эйнштейн, например, относился к этому ответу с почти нескрываемой неприязнью!). Читателю можно лишь напомнить, что теория относительности действительно весьма сложна и трудна для понимания, но обладает внутренней логикой, собственными строгими законами и позволяет предсказывать результаты экспериментальных наблюдений. Физиков особенно раздражало и сбивало с толку, что в построениях Гейзенберга поведение электрона становилось непредсказуемым.

Некоторое понимание ситуации возникло лишь после появления еще одной гипотезы Бора, согласно которой электрон проявляет волновые или корпускулярные свойства в зависимости от того, какой тип детектора и принцип регистрации (волновой или корпускулярный соответственно) использует экспериментатор для определения параметров движения. Для изучения квантовых частиц можно и нужно применять оба типа детекторов, но при интерпретации полученных данных следует всегда учитывать дуальную природу изучаемых объектов. Гипотеза Бора, получившая название принципа дополнительности, не снимала основного противоречия теории, заключающегося в том, что при измерении параметров атомной системы мы изменяем значения этих параметров, т. е. получаем не точные значения, а лишь некоторые наборы вероятностей или потенциальных возможностей параметров.

В этой связи нельзя не вспомнить одну из самых знаменитых дискуссий в истории науки вообще между Бором и Эйнштейном о принципиальной неопределенности поведения квантовых систем. Многим кажется, что ученые слишком увлекаются своей работой и порой забывают или недостаточно глубоко размышляют о человеческой душе и религиозных проблемах, но приводимый ниже отрывок из переписки двух великих физиков доказывает обратное.

Эйнштейн – Бору *Квантовая механика заслуживает самого глубокого уважения, но внутренний голос говорит мне, что она не является окончательным откровением. Эта теория содержит очень многое, но, похоже, мы не приближаемся к главному ответу. В любом случае, я не верю, что Бог играет в кости!*

Бор – Эйнштейну*: Не наше дело указывать Богу, как управлять миром!*

Конечно, учет религиозных соображений и мотивов может лишь усложнить поиск научной истины (о чем и свидетельствует история Галилея, с которой начинается наша книга), однако процитированный диалог показывает, что ученые, подобно всем

остальным людям, страстно жаждут найти смысл в кажущейся хаотичной сумятице повседневной жизни. Это обстоятельство во многом определяет непреходящий интерес к квантово-механическим парадоксам, поскольку никого не может оставить равнодушным следующая проблема: если миром управляют случайности, то совершенно непонятно, что скрывается за столь важными для нас понятиями, как смысл, значение, цель и т. д. Еще более показательна в этом смысле следующая фраза Эйнштейна: «Наука без религии – неполноценна, религия без науки – слепа». Разумеется, это не означает, что мы должны обратиться в религиозных ортодоксов и уподобиться известному теологу Карлу Эверетту, который считает, что динозавры никогда не существовали, поскольку о них не упоминает Библия.

Конечно, известна философская позиция, прекрасно выраженная поэтом Арчибальдом МакЛейшем: «Стихотворение должно просто существовать, а не выражать какие-то конкретные мысли и мнения!», хотя следует особо подчеркнуть, что для большинства религиозных и метафизических систем окружающий нас мир не просто «существует», но и «означает» что-то очень важное. Квантовая физика заставляет нас еще раз задуматься над этими важнейшими вопросами смысла человеческого существования.

В микромире можно наблюдать много других удивительных эффектов (электрон может одновременно находиться в двух разных точках, протон может проходить через потенциальный энергетический барьер и т. д.). Одно из самых странных предсказываемых явлений заключается в теоретической возможности непосредственного «общения» квантовых частиц на любых расстояниях, причем со скоростью, существенно превышающей скорость света (возможно, даже с бесконечной). Мы не знаем и не можем представить себе, о чем могут переговариваться элементарные частицы (возможно, они просто сообщают друг другу «сверни направо… меняй курс…измени направление спина»), однако сама возможность передачи информации со сверхсветовой скоростью заставляет задуматься о совершенно неизвестных нам физических законах и ограничениях. Электрон может не только выступать в качестве волны или частицы, но и даже выбирать форму своего существования. С другой стороны, он фактически как бы и не существует до того момента, пока мы не зарегистрировали его каким-то образом (например, прибором или следом в пластинке слюды). Некоторые физики даже считают, что конкретно воспринимаемый нами мир существует именно в результате нашего восприятия, т. е. могут существовать и множество других

миров или реальностей, но все они исчезают в момент нашего восприятия одного конкретного мира.

Проблема заключается не в том, что мы не можем найти разумные ответы на столь важные вопросы, а в возможном отсутствии таких ответов вообще. Разница в характере стоящих перед нами двух типов тайн и неизвестностей настолько существенна, что мне хочется рассмотреть ее отдельно. Действительно, мы часто сталкиваемся с двумя принципиально разными типами задач. Например, астрономы давно бьются над загадкой того, что яркость полной Луны почему-то примерно в 10 раз превышает яркость полумесяца. У них есть несколько теорий на этот счет, однако практически никто из ученых не сомневается (и это имеет принципиальное значение для обсуждаемого вопроса), что какое-то физическое объяснение этого странного эффекта существует и рано или поздно будет найдено. Такие загадки очень распространены не только в науке, но и в обычной жизни (я, например, не знаю точно, почему метеорологи обычно присваивают ураганам и штормам красивые женские имена, но уверен, что какое-то разумное объяснение этой закономерности существует). В отличие от таких «принципиально разрешимых» загадок, квантовая механика предлагает нам задачи с принципиально неоднозначными решениями, вследствие чего мы не можем больше полагаться даже на прямые измерения, наблюдения или факты, поскольку все вокруг нас содержит «кванты неопределенности».

Восприятие и осознание этой ситуации подвергает серьезному испытанию разум и чувства многих исследователей. Квантовая физика утверждает, что окружающая нас Вселенная иррациональна и представляет собой набор неопределенностей и потенциальных вероятностей, а вовсе не материальные объекты, подчиняющиеся строгим и постоянным законам. Гейзенберг установил, что мы не можем точно измерить координату и импульс частицы, но квантовая реальность оказалась значительно сложнее для восприятия, так как две эти величины одновременно не могут иметь точных значений в принципе (независимо от того, измеряет ли кто-то эти значения или нет) и это сбивает с толку любого физика. Вообще говоря, невозможно представить себе, что целая Вселенная, построенная из микрочастиц-кирпичиков с иррациональным поведением, может развиваться в соответствии хоть с каким-либо божественным или своим собственным предназначением. С другой стороны, отсутствие какого-либо общего плана означает невозможность детерминированных действий и поступков, поскольку в такой модели судьбы Вселенной на всех уровнях (галактики, планеты, белковые

молекулы или отдельные нейроны в нервной системе человека) определяются лишь случайными сочетаниями и коллапсами волновых функций.

Идея о недетерминированности последствий физических актов или наших поступков имеет огромное значение для науки, философии и метафизики, независимо от возможных дополнительных толкований или замечаний. Новые идеи и модная терминология сумели «заразить» даже некоторые сферы литературы и поведения, не говоря уже о досужих вымыслах не очень умных популяризаторов науки. Собственно говоря, принцип дополнительности не имеет особого значения для нормальной человеческой жизни (не считая каких-то искусственных ситуаций, когда человек, например, пытается создать себе алиби или устроить глупый розыгрыш). Открытая Гейзенбергом квантовая неопределенность, о которой шла речь, относится к разряду «внутреннего распорядка физики» и описывает только поведение микроскопических объектов.

***

Существует известный эксперимент с рассеянием фотонов на двух параллельных щелях (он почти всегда входит в практикум студентов-физиков старших курсов), который используют для демонстрации волновых свойств света, поскольку рассеянные фотоны образуют интерференционную картину, характерную для любых волновых процессов. Дело в том, что при интерференции волн происходит их взаимное усиление или ослабление, создающее светлые и темные полосы на экране (именуемые на физическом языке отрицательным или положительным наложением), так что этот эксперимент совершенно ясен и понятен.

Однако обычно бедным студентам-физикам тут же демонстрируют еще один, очень похожий эксперимент, который представляется совершенно непонятным и ненаглядным. Пропуская единичные фотоны (т. е. заведомые частицы) через одну-единственную щель, студент естественно ожидает получить картину рассеяния разрозненных частиц, но вместо этого неожиданно вновь видит интерференционную картину! Электроны как бы «знают», что они являются в действительности волнами, и, соответственно, «выбирают» нужные траектории, соответствующие их волновой природе. В некотором смысле это

означает также, что при рассеянии на двух щелях электроны одновременно проходят через обе щели.

Кошки относятся к самым популярным домашним животным, так что в любом книжном магазине США читатель всегда найдет целую кучу разных книг, посвященных этим прекрасным животным и их различным особенностям и привычкам. Возможно, именно поэтому один из самых известных мысленных экспериментов в квантовой механике, обсуждению которого уже посвящены сотни статей и несколько серьезных книг, связан именно с кошкой (что, разумеется, никак не должно обижать любителей собак). Когда-то Шрёдингер придумал некоторый эксперимент в качестве шутки, но его идея оказалась чрезвычайно интересной и привлекательной для обсуждения, в результате чего она не только сохранилась в истории физики, но и до сих пор привлекает внимание серьезных специалистов-физиков и любителей-философов, пытающихся понять квантово-механические парадоксы.

Все дело началось с того, что Шрёдингеру очень не нравились многие положения квантовой механики (включая его собственные открытия и их интерпретацию!) и ему показалось странным, что большинство коллег действительно начинают верить в существование некоей квантовой реальности, описываемой только наборами вероятностей положений и событий. Поэтому он придумал следующий мысленный эксперимент: живой кот помещается в изолированный закрытый ящик, где находятся также ампула со смертельным ядом (например, с цианистым калием), источник радиоактивного излучения и счетчик Гейгера, регистрирующий это излучение. Как только в счетчик попадает частица, срабатывает связанный со счетчиком механический молоточек, который разбивает ампулу с ядом и превращает ящик в «газовую камеру» для несчастного кота. Представляется очевидным, что в привычном нам макромире (в мире ньютоновских законов и падающих на голову по этим законам яблок) кот обречен на быструю и смерть. Демонстрируя коллегам абсурдность и переусложненность вероятностной трактовки квантовой механики, Шрёдин-гер предложил им рассмотреть судьбу кота, исходя из простого предположения, что вероятность радиоактивного распада составляет 50% в час (иными словами, вероятность обнаружить живого кота через час составляет 50%, через два часа – 25% и т. д.). Шрёдингер настойчиво обращал внимание коллег на то, что по квантовым вероятностям (т. е. в соответствии с правилами сложения волновых функций) вплоть до момента открытия ящика бедную киску следует учитывать в уравнениях как некую комбинацию живого и мертвого кота (50%

живого + 50% мертвого и т.д.), хотя реальный кот, конечно, может находиться только в одном из этих весьма разных состояний.

Существование такой комбинации представляется нелепым всем (включая, разумеется, и самого кота), и Шрёдингеру казалось, что идея эксперимента наглядно демонстрирует ограниченность квантовой механики и нелепость ее последовательной, чисто вероятностной трактовки, Не тут-то было! Никому не нужный в макромире абстрактный котик вдруг оказался предметом острейших дискуссий. Многие физики стали воспринимать его судьбу в качестве еще одной иллюстрации непостижимости и таинственности квантового мира. Первоначальный замысел мысленного эксперимента и его идея оказались буквально сметены критикой, и стало считаться, что кот действительно может считаться формально живым или мертвьШ лишь после вскрытия ящика. До этого (подобно всем обитателям квантового мира) он должен находиться, пользуясь религиозной терминологией, в некотором квантовом «чистилище» и не может быть причислен ни к живым, ни к мертвым. Шутка Шрёдингера не удалась и сама сыграла злую шутку со своим автором.

Мало кто из нас согласился бы жить в «беззаконной» Вселенной, где нет определенных правил поведения и события чередуются совершенно случайно, подобно игре в рулетку. Рассказывают, что один из физиков даже покончил с собой, не в силах вынести философское и нравственное бремя, которое, как ему казалось, приносило с собой развитие квантовой физики, отвергающей детерминированность законов природы и, как следствие, разумность и обоснованность человеческих поступков.

Подводя некоторые итоги, можно отметить, что в течение очень короткого времени (первой трети XX века) в мировой науке произошли грандиозные изменения, связанные с новыми, потрясающими результатами. Сперва Хаббл показал, что кажущееся символом безмятежности ночное небо представляет собой в действительности бурлящую бездну из гигантских галактик, разбегающихся в разные стороны, затем Эйнштейн обнаружил совершенно невероятные свойства пространства-времени, а затем Бор и его команда доказали, что в основе мироздания лежит скорее случайность, чем определенность.

***

Сегодня мы смотрим в будущее с некоторым облегчением и оптимизмом, возможно, из-за того, что новые понятия стали ближе и привычнее, а квантовые устройства и идеи уже широко используются в различных областях науки и техники. Ученые всерьез задумываются о возможности создания вычислительных устройств, в которых перенос и обработка информации будут связаны не с электронами (как в обычных транзисторах и микрочипах), а с квантами, неделимыми порциями энергии, в результате чего компьютер можно будет создать даже на основе одного-единст-венного атома. В последние годы появились даже совершенно фантастические научные публикации и направления, типа «квантового психоанализа» (автор должен сразу сознаться, что даже не представляет, чему посвящены эти работы!). В пятой главе, где рассказывается о теориях рождения Вселенной, для описания исходной космической среды используется образ «квантовой пены», состоящей из крошечных пузырьков пространства-времени, размеры которых в миллионы триллионов раз (!) меньше атомных ядер. Каждый из таких пузырьков порождает или способен породить огромную сверкающую Вселенную, о существовании который мы, возможно, никогда не сможем узнать.

Изучение квантовых законов меняет даже представления о человеческой жизни. После открытий в биологии и кибернетике мы уже почти свыклись с мыслью, что наш мозг, в сущности, представляет собой биоорганический компьютер, работающий с использованием некоторых электрохимических реакций и осуществляющий достаточно быструю обработку информации. Именно этот биокомпьютер позволяет обеспечить точность нашего восприятия, позволяет избегать опасностей, плакать от восхищения, решительно действовать или, наоборот, совершать самоубийство в определенных обстоятельствах и т. п. При этом обычно его работа и процессы переключения происходят автоматически и быстрее, чем сам человек может осознавать и оценивать свое поведение или отдельные поступки. Квантовая механика показывает, что процессы переключения в наших «внутренних» биокомпьютерах осуществляются на том физическом уровне, где происходят причудливые, неточные и непредсказуемые квантовые взаимодействия. Остается непонятным, каким образом на основе огромного числа квантовых неопределенностей в элементах структуры нашего мозга могут вообще происходить устойчивые мыслительные процессы, управляющие длительными и осознанными поступками человека и его целенаправленным поведением. Такие вопросы

заставляют нас еще раз гораздо серьезнее задуматься над смыслом своего существования, определением понятия собственного «Я», проблемой свободы волеизъявления и самой нашей способностью планировать и осуществлять целенаправленные и последовательные действия. Непонятно, как мы должны относиться к собственным мыслям и эмоциям после осознания факта, что они, подобно островам или утесам, возвышаются над морем «квантовых» неопределенностей и вероятностей?

В будущем нам еще не раз придется задуматься о дуализме личности и тайнах человеческого сознания. Забегая вперед, упомянем странные квантово-механические соображения, которые использует известный профессор Роджер Пенроуз для объяснения индивидуального восприятия окружающего нас мира. Похоже, что физически воспринимаемые нами объекты существуют в привычных ньютоновских законах и ограничениях (поэтому, например, они не могут существовать одновременно в двух точках), но наши собственные мысли и переживания имеют квантовую природу и не подчиняются этим ограничениям.

Некоторые ученые на основе подобных рассуждений и теорий предлагают рассматривать человеческий мозг в качестве квантового измерительного устройства, созданного природой в процессе эволюции за миллионы лет именно для обеспечения связи классического макромира с квантовым микромиром. В этом случае наше сознание играет роль того самого гейзенберговского наблюдателя, который одним своим присутствием (т. е. каким-то «сенсорным» запросом) вызывает необходимый коллапс волновых функций, происходящий в некоторых физико-химических структурах нашей нервной системы. Известный специалист Г. Стапп пишет по этому поводу: «Сознание каждого отдельного человека может быть представлено в виде выборки из полного набора квантово-механических событий в гейзенберговском представлении». Теоретики, естественно, продолжают ожесточенно спорить о механизме этого эффекта, поскольку некоторые из них считают коллапс волновых функций чисто случайным процессом, а другие предлагают различные варианты «правил отбора», заложенных в мозгу и позволяющих личности самой контролировать процесс. В настоящее время особое внимание ученых привлекают некоторые белковые образования в мозгу (так называемые микротрубки), структура которых, возможно, позволяет осуществлять трансформацию квантовых состояний в классические. Может оказаться, что именно такие процессы помогают нам ориентироваться в потоке событий и создавать то, что принято называть «человеческой жизнью», т. е.

мыслить, принимать решения, анализировать события, мечтать и даже непрерывно развивать собственную индивидуальность.

При этом нам не стоит забывать о том, что мы живем в непрерывно меняющемся и подвижном мире: наша родная планета вращается вокруг Солнца со скоростью 36 километров в секунду, Солнечная система движется относительно черной дыры в центре Млечного Пути со скоростью 360 километров в секунду, а вся наша галактика стремится к Туманности Андромеды со скоростью 90 километров в секунду. Такие цифры вызывают у нормального человека неприятное ощущение головокружения и «излишней спешки», после чего он обычно с удовольствием вглядывается в привычные земные ландшафты с их величественными неподвижными горами, прочными скалами фиордов и древними океанами. К сожалению, как показано в следующей главе, и это ощущение покоя и незыблемости родной планеты является иллюзорным и обманчивым.

Глава 4

Вегенер и танец континентов

Примерно в середине XX столетия ученые вдруг поняли, что они буквально «теряют почву» под ногами, так как появилось множество доказательств нестабильных и даже хаотических смещений земной коры. Неожиданно обнаружилось, что постоянно меняют свой облик не только великие реки, океаны и обширные острова, но и казавшиеся символом постоянства гигантские материки. Появлялось все больше прямых доказательств того, что континенты непрерывно двигаются, сближаются и отделяются друг от друга. Современное описание планеты можно сравнить не с картиной, изображающей солидное и прочное здание вокзала (или хотя бы полустанка), а с постоянно меняющимся пейзажем за окном поезда.

В наши дни это никого не удивляет, но следует вспомнить, что именно профессиональные геологи более полувека издевались и подшучивали над идеей, которая позднее превратилась в плодотворную и непрерывно развивающуюся теорию «дрейфа континентов» или тектонической подвижности. В сущности, уже к концу XIX века геологи выяснили, что Земля по меньшей мере на несколько сот миллионов лет старше, чем считалось раньше, причем особое значение при оценке играли исследования так называемых осадочных отложений, образующих горные породы. Поэтому геологи никак не могли совместить наличие таких медленных, «ленивых» процессов с предлагаемой молодым немецким ученым Альфредом Вегенером теорией, согласно которой континенты постоянно дрейфуют, скользят или, образно говоря, танцуют.

Вегенер в жизни был очень активным, жизнелюбивым и оптимистичным человеком, поэтому весьма характерно, что предложенные им противоречивые гипотезы относились к геологии, а вовсе не к метеорологии и астрономии, в которых он (кстати, вполне заслуженно) считался выдающимся

специалистом. Вегенер, конечно, верил в справедливость предлагаемых им теорий, однако они вовсе не были главным делом его жизни, и он совершенно не собирался посвящать свою жизнь их доказательству. Он с наслаждением занимался наукой и любимым горнолыжным спортом, где его постоянным партнером был близкий друг (позднее ставший зятем) Генрих Харрер, знаменитый альпинист, чья дальнейшая судьба, кстати, легла в основу сюжета известного американского фильма «Семь лет в Тибете» (с Брэдом Пит-том в главной роли). Блестящие догадки Вегенера не требовали ломки концептуальных представлений, а выглядели даже как-то по-детски здравыми и простыми, что с озлоблением признавали даже самые яростные критики его теорий.

Прежде всего, Вегенеру удалось довести до уровня научной гипотезы простое и очевидное обстоятельство (которое, кстати, всегда замечали дети и с удивлением отмечали еще первые картографы эпохи великих географических открытий!), что очертания континентов, включая выступы и трещины, отлично дополняют друг друга, так что если мысленно сдвигать их по глобусу, можно очень легко «собрать» контур некоего единого суперконтинента. Подрастая, дети забывают об своих ощущениях, а ученые картографы-обычно начинают заниматься сбором точной информации, а не теоретическими измышлениями. Поэтому неудивительно, что сто лет назад никто не стал серьезно относиться к идеям Вегенера о том, что поразительное сходство береговых линий Бразилии и Сенегала свидетельствует об их былом единстве, а Австралия когда-то примыкала к африканскому континенту.

Проблема в целом является довольно сложной, и не стоит сразу обвинять научное сообщество в отсутствии интереса или понимания. Каждый из нас, работавший в каком-либо коллективе или организации (исследовательский центр, университет или издательство), прекрасно знает, что в любой области есть свои психи (именуемые на жаргоне просто «чайниками»). Знакомство с основными положениями теории Вегенера заставляло многих ученых подозревать, что он относится именно к этой категории людей, приносящих научному сообществу немало хлопот. Автор книги помнит, как в начале 70-х годов один сумасшедший аспирант здорово испортил жизнь своему научному руководителю в одном из колледжей на севере штата Нью-Йорк, изводя профессора очередными решениями знаменитых математических задач (типа квадратуры круга или определения мнимых корней уравнений). Молодой человек был весьма энергичным, жестоким и опасным чудаком из породы психов с

манией величия, которых в науке тянет именно к чему-то особенно таинственному и непостижимому. Реальная проблема науки состоит в том, что такие люди часто считают ученых-традиционалистов не просто дураками, а хитрыми «заговорщиками», в то время как настоящие ученые знают, что случайные революции в науке столь же редки, как взрывы сверхновых звезд в космосе.

С другой стороны, конечно, верно и то, что в научных сообществах очень часто тон задают самоуверенные эксперты, давно потерявшие способность созидать или воспринимать новые идеи (вспоминается известная академическая шутка о «младотурках, которые с неизбежностью и очень быстро превращаются в Старую Гвардию»). Поэтому не стоит удивляться, что академические круги встретили идеи Вегенера с нескрываемой насмешкой. Возможно, впрочем, что существовала и дополнительная психологическая причина враждебности, которую можно объяснить фразой из романа Бэрила Бэйнбриджа «Господин Джордж»: «…люди сейчас настолько измучены и обеспокоены непрерывными изменениями обстоятельств, чувств и мыслей, что идея о подвижности самой земной тверди может показаться им просто невыносимой».

Очень кратко возникшую ситуацию можно охарактеризовать следующим образом: Вегенер слишком рано выдвинул блестящую научную гипотезу и не предложил в ее защиту почти никаких доказательств или теоретических моделей.

***

В наше время данные о погоде собираются огромным количеством разнообразных автоматических приборов (от привычных «чирикающих» измерителей скорости ветра до плавающих в океане или летающих в космосе датчиков), однако еще в начале XX века метеорологи, изучающие экстремальные погодные условия, должны были отправляться в длительные путешествия и наблюдать такие условия лично. Уже во время своей первой арктической экспедиции, предпринятой по заданию германского правительства в 1906 г. для изучения погоды в Гренландии, Вегенер отметил очень странные аналогии и совпадения между явлениями в очень удаленных друг от друга регионах. Например, глубоко под ледниками архипелага Шпицберген, расположенного за Северным полярным кругом,

были найдены крупные залежи каменного угля, наличие которых никак нельзя объяснить с привычных научных позиций. Уголь такого типа мог образоваться только из остатков растений (сперва разложившихся до торфа, а затем спрессованных в уголь), живших примерно 280-345 миллионов лет тому назад в так называемый каменноугольный период только в условиях болотистых лагун тропического пояса планеты с весьма богатой и своеобразной растительностью. Никто из геологов не мог предложить разумного объяснения реализации таких условий на крайнем севере планеты.

Вегенер обнаружил множество других несуразностей во временных и пространственных описаниях географических явлений. Как каменный уголь не мог образоваться вблизи полюса, так и ландшафт известной пустыни Кару в Южной Африке никак не мог возникнуть в этом районе, поскольку характерные для этой пустыни плоские протяженные участки стратифицированных пород формируются почти исключительно под воздействием ледников. Геологи прекрасно знают такие ландшафты (их даже называют природными мостовыми), но их всегда находят только там, где когда-то происходило оледенение и чудовищные массы льда «стесывали» горные породы. Неужели в прошлом погода нашей планеты могла изменяться столь причудливым образом? Над этой проблемой Вегенер задумался еще в 1909 г., когда начал читать курс лекций по метеорологии и астрономии в Марбургском университете.

К проблемам образования залежей угля из тропических растений вблизи полюса или существования ледников в знойных пустынях Африки позднее добавились и другие, не менее загадочные факты. В публикациях по геологии и палеонтологии Вегенер обнаружил, например, что окаменелые остатки папоротника достаточно редкого вида Glossopteris, жившего около 250 лет тому назад, были найдены в самых разных точках планеты (Австралия, Индия, Южная Африка и Южная Америка). В другом случае, останки маленькой водной ящерицы вида Mesoaurus, жившей около 300 миллионов лет назад, были найдены в скальных отложениях Южной Африки и Восточной Бразилии (крошечная древняя рептилия явно не могла проплыть 3000 миль по Атлантическому океану).

В 1912 г. Вегенер в лекциях и статьях сформулировал свою теорию дрейфа континентов, которая в очень кратком изложении выглядит следующим образом: примерно 200-300 миллионов лет назад все материки Земли были связаны в едином континенте Пангея, омываемом водами единого океана Панталасса; затем по каким-то неизвестным причинам Пангея раскололась на два

континента (Лавразию и Гондвану), и начался процесс дальнейшего разделения и своеобразного «танца континентов», продолжающийся и поныне. Современная картина материков установилась примерно 65 миллионов лет назад, когда от Африки откололась Австралия (а с другой стороны – Америка) и т. д. Вегенер планировал начать более тщательные и серьезные исследования этой проблемы, но… наступил 1914 год и в историю науки вмешался человеческий фактор.

***

Вегенер был искренним пацифистом, но он выполнил свой долг и сражался за свою страну в том чудовищном и эффектном столкновении, которое позднее историки назвали Великой или Первой мировой войной. В соответствии со своим характером, Вегенер оказался бравым и смелым офицером. Он был дважды ранен, но в перерывах между боевыми действиями и при лечении в госпиталях смог написать книгу «Происхождение континентов и океанов» (The Origin of Continents and Oceans, 1915), которую сам считал всего лишь кратким конспектом и надеялся в будущем расширить и дополнить. Возможно, поэтому он оставил в тексте без ответа многие важные вопросы, которые сам же и поставил с удивительной откровенностью. Название явно связано со знаменитой книгой Дарвина «Происхождение видов», однако (в отличие от Дарвина, который годами затягивал публикацию своих исследований) Вегенер сам рвался к публикациям, активно участвовал в полемике, легко менял и создавал научные концепции, писал ответы и дополнения на возражения, выдвигал новые аргументы и т. п. Эта неприятная манера общения с коллегами соответствовала энергичному и вдохновенному характеру Вегенера, но, естественно, мало способствовала восприятию его идей.

Теория Вегенера нашла лишь небольшое число сторонников, но среди них были и представители академической науки. Однако в целом отношение к ней можно назвать просто издевательским. Дело бы даже не в отношении к недавнему врагу, немцу Вегенеру (война была еще свежа в памяти современников, а лучшими специалистами-геологами считались англичане и американцы). Гораздо важнее было то, что Вегенер действительно не мог представить никаких объяснений, не говоря уже о строгих доказательствах важнейших аспектов выдвигаемой им теории.

Прежде всего, серьезных ученых интересовало, что является источником мощнейших сил, способных энергетически обеспечить механизм дрейфа континентов? Вегенер давал по этому поводу самые разные объяснения, пытаясь описать раскол континентов то так называемыми приливными эффектами под воздействием Луны и Солнца, то вращением самой Земли или другими механизмами, но расчеты убедительно показывали, что все они являются недостаточно мощными. Можно сказать, что в этом обстоятельстве (используя известный политический термин) заключалось «слабое подбрюшье» идеи в целом, потому что, как подчеркивал известный историк науки Вильям Глен: «…Вегенер так и не смог указать источник сил, способных разорвать исходный материк Пангея и заставить образовавшиеся куски двигаться по поверхности Земли, образуя существующие ныне континенты».

Лишь в последние месяцы жизни (Вегенер умер в 1930 году в возрасте 50 лет) он стал получать от многих крупных ученых некоторые убедительные аргументы в поддержку своей общей идеи, однако этого было явно недостаточно. Вплоть до своей трагической гибели во время очередной экспедиции в Гренландию Вегенер продолжал упрямо верить, что новые данные когда-нибудь докажут его правоту. При инспекции научной станции, расположенной на вершине ледяного купола острова, неожиданно рано начался сезон зимних буранов. Запасы еды станции были рассчитаны лишь на двоих зимовщиков, поэтому Вегенер и сопровождавший его проводник-инуит Расмус Виллюмсен с риском для жизни решили вернуться в основный лагерь и погибли в снежной метели.

Вегенер прожил героическую жизнь, но ушел из нее почти незамеченным, поскольку его научные идеи не получили практически никакого признания. Понадобилась еще четверть столетия, чтобы целый ряд неожиданных открытий в глубинах морей и на вершинах гор заставил научный мир вспомнить о его теориях.

***

Строго говоря, при жизни Вегенера мировая наука еще просто не располагала достаточным объемом фактических данных и теоретических представлений для обобщающей и радикальной теории развития нашей планеты. Например, в геологии начала

века существовало пять разных теорий горообразования, считавшихся вполне серьезными и обоснованными. Поэтому сам Вегенер мог полагать, что горы могут возникать из-за столкновения материков друг с другом, а его оппоненты считали, что они формируются из-за медленного остывания Земли и связанного с этим сокращения размеров (возникновение «складок» и «морщин» при сжатии) или по каким-либо иным механизмам. В дискуссиях столетней давности серьезная научная аргументация очень часто заменялась красноречивым изложением точек зрения. Как бы то ни было, но в 20-х годах прошлого века ученые сошлись на том, что геологические процессы протекают очень медленно, и это неожиданно получило экспериментальное обоснование.

В самом конце XIX века Антуан Анри Беккерель, занимавшийся только что обнаруженными и исключительно популярными рентгеновскими лучами, случайно открыл явление радиоактивности и начал его активно изучать. К 1900 г. он уже не только многое знал о радиоактивности урана, но и установил значительно более важную закономерность, а именно что уран теряет свою радиоктивность с постоянной скоростью, превращаясь в свинец. Примерно через 10 лет была создана надежная методика радиологической датировки возраста горных пород, связанная с измерениями относительного содержания урана и свинца в геологических образцах, в результате чего уже к 20-м годам геологи с достаточной уверенностью могли утверждать, что возраст нашей планеты составляет около 4,4 миллиарда лет (более точная современная оценка – 4,6 миллиарда лет).

Сами по себе приведенные цифры мало помогали ученым в понимании истории Земли, поскольку тогда геология материков была изучена очень слабо (не говоря уже об обширной поверхности дна мирового океана, составляющего около 70 % поверхности планеты). Специалисты также пришли к единому мнению, что твердая поверхность Земли представляет собой очень тонкую твердую корку (включающую в себя материки и скрытую под водой поверхность морского дна), ниже которой располагается значительно более толстый слой горячей и почти жидкой смеси кипящей магмы и горных пород (иногда магма прорывает корку и изливается потоками вулканической лавы). Еще ниже располагается ядро планеты, структура которого пока неизвестна и остается предметом ожесточенных научных дискуссий.

Интересно, что еще примерно двести лет назад с удивительной прозорливостью (возможно, просто по счастливой

случайности?) эту структуру угадал знаменитый Бенджамин Франклин, который описал внутреннюю часть планеты следующим образом: «…ядро может состоять из жидкости с большей плотностью, чем у всех известных нам твердых веществ…, вследствие чего последние будут плавать в ней или на ее поверхности…». Развивая далее свою мысль, Франклин вдруг приходит к выводу, имеющему прямое отношение к рассматриваемому вопросу: «…поэтому поверхность Земли можно рассматривать в качестве оболочки, которая может меняться или разрушаться под воздействием мощных движений жидкости под ее основанием…». Это заставляет нас вновь задуматься над вечной проблемой «истинного авторства» любой научной идеи. Сам Вегенер никогда не ссылался именно на этот механизм, хотя наверняка мог бы им воспользоваться (честно говоря, он очень часто пользовался в полемике чужими или совершенно слабыми аргументами).

Одна из важнейших проблем в теории дрейфа континентов начала прошлого века состояла в том, что более тонкая кора материков никак не могла сохраняться при океанических разломах и скольжении материков относительно друг друга. Смещение материков в целом напоминало движение ледокола, проламывающего арктические паковые льды, что, безусловно, требовало наличия какого-то очень мощного источника энергии, который никак не могли придумать и предложить Вегенер и его малочисленные сторонники.

Еще одна проблема оказалась связанной с механизмом землетрясений, когда обнаружилось, что подземные толчки порождают чудовищно мощные волны, обегающие за несколько часов всю поверхность земного шара. Загадочным было то, что континенты не только не «скользят» при таких колоссальных напряжениях коры, но и практически не замечают их.

С некоторой долей иронии можно отметить, что перечисленные загадки и проблемы нельзя было даже сравнивать с теми сногсшибательными открытиями, которые революционным образом меняли привычную картину мира в других областях науки. В геологии 30-х годов не было идей и понятий, сравнимых по масштабу с описанными в предыдущих главах теорией Хаббла расширения Вселенной, эйнштейновской теорией пространства-времени или боровской моделью атома. Ситуация стала меняться лишь после того, как геолог Гарри Хесс из Принстонского университета и голландский геофизик Ф. Андриес Венинг Мейнес, занявшиеся определением точной формы Земли, обнаружили совершенно неожиданные закономерности (кстати сказать, они оба не относились к числу сторонников идей

Вегенера). Хесс и Мейнес проводили тщательные измерения общей картины гравитационных сил в обширных акваториях мирового океана, причем исследования велись на борту американской подводной лодки, способной погружаться достаточно глубоко (для полного исключения эффектов морской качки и т. п.). Специально сконструированные для этой программы гравиметры позволили исследователям построить подробную и исключительно достоверную (с точностью измерений до одной миллионной!) карту распределения гравитационных сил в глубинах мирового океана. Полученные данные совершенно точно (и совершенно непонятно) демонстрировали значительное ослабление сил гравитации в обширных областях вдоль побережья Тихого океана,… после чего в развитие теории дрейфа океанов вновь вмешались война и человеческий фактор.

***

После нападения японцев на Пирл-Харбор Хесс был призван на военную службу и прослужил несколько лет капитаном вспомогательных и транспортных судов ВМФ США. Как обычно, война породила новые устройства и приборы, так что в перерывах между боевыми действиями Хесс мог использовать новые мощные сонары (эхолоты) для проведения замеров профиля дна океана, что позволило ему почти сразу обнаружить чрезвычайно интересный факт, который и не снился Вегенеру и его сторонникам. Неожиданно оказалось, что вдоль всей дуги островов азиатского материка под водами Тихого океана находятся чрезвычайно узкие и очень глубокие долины или трещины (местами глубиной в несколько километров), причем эти поразительные разломы располагались почти параллельно областям пониженной гравитации, которые сам Хесс с Мейнесом обнаруживали раньше при своих гравиметрических измерениях. Таким образом, в промежутках между воздушными налетами и решающими сражениями на поверхности Тихого океана, молодому морскому офицеру удалось решить загадку, связанную с противодействием чудовищных тектонических сил, действующих под дном океана, постоянно изменяющих и буквально перекраивающих поверхность нашей планеты.

После войны (в связи с новыми стратегическими концепциями, появлением атомных подводных лодок и

глобальным противостоянием сверхдержав) стало стремительно развиваться систематическое картографирование дна морей и океанов. В водах центральной Атлантики очень быстро обнаружилась горная цепь с пиками высотой от 2 до 3,5 километров, а затем еще несколько цепей, образующих совместно на дне мирового океана весьма внушительную подводную горную систему общей протяженностью более 70000 километров. Строго говоря, наличие подводного хребта в этих местах было замечено впервые при прокладке трансатлантического кабеля в 80-х годах XIX столетия, но тогда этому открытию не придали никакого значения. Общая схема хребтов напоминает швы на бейсбольном мяче, а многие точки выделяются своей исключительной геологической активностью. Вершинами этой горной системы являются многие известные острова вулканического происхождения (например, Исландия и Галапагосский архипелаг), а вдоль хребтов действует множество подводных вулканов, в расположении которых угадываются какие-то сложные, пока непонятные закономерности.

Обнаружение грандиозного Среднеатлантического хребта позволило не только правильно представить панораму поверхности Земли, но и привело к удивительному открытию, сыгравшему огромную роль в развитии описываемой теории. Дело в том, что уже самые первые измерения возраста горных пород хребта показали, что он составляет лишь 150 миллионов лет. Наличие столь «юных» пород на дне океана (напомним, что возраст Земли составляет около 4,6 миллиарда лет) настолько поразило ученых, что они начали целую серию дополнительных, проверочных исследований, которые убедительно подтвердили, что возраст морского дна, действительно, не превышает 200 миллионов лет.

Хесс после демобилизации вернулся в Принстон и занялся серьезной систематизацией полученных за последние годы данных. Уже к 1960 г. он обобщил их, выдвинув революционную теорию, получившую название «раздвижения» морского дна (геологи иногда называют это явление просто спредингом, от английского *spreading)*. Многие доказательства этой теории выглядели разрозненными и малообоснованными, но Хесс обладал талантом не только создавать новые понятия и концепции, но и излагать их в форме, приемлемой для ученых и общественности. Свою общую теорию он осторожно и красиво озаглавил «Эссе о геопоэзии», а ее основы изложил в статье 1962 г. под названием «История океанических бассейнов».

Хесс предположил, что подводные хребты возникают в гигантских разломах на дне океанов, представляющих собой

своеобразные трещины в океанической коре, из которых выделяется горячая магма. Магма затем застывает и образует новые горные хребты и структуры (полная аналогия картине горообразования на суше), раздвигая при этом уже существовавшие участки дна океанов. Поэтому геологические породы в центре подводных хребтов, естественно, оказываются значительно моложе окружающих их участков, которые можно назвать подводными «отрогами». Постоянно разрастающиеся под водой горные массивы «расталкивают» старые образования, в результате чего поверхность океанического дна «растягивается» со скоростью несколько сантиметров в год (например, Атлантический океан медленно «наползает» на Северную Америку и Европу). Старые и новые горные породы несколько различаются по плотности, что и являлось причиной гравиметрических аномалий, которые Хесс и Венинг Мейнес обнаружили еще до войны и не смогли объяснить.

В геопоэзии Хесса предполагается, что в своем движении кора морского дна сталкивается со значительно более мощными и толстыми пластами континентальной коры, в результате чего происходит процесс, который геологи называют субдукцией (движением по разломам, *subductiori)*. Это позволило Хессу легко и достаточно просто объяснить возникновение гигантских трещин вдоль побережья Тихого океана, обнаруженных им во время военных действий: «…континенты вовсе не бороздят земную кору под воздействием каких-то неведомых сил, а скорее пассивно подминают под себя вырывающиеся из земной коры массы вещества, а затем медленно сдвигаются в сторону». Из теории Хесса следовало, что кора на дне океанов должна постоянно вновь погружаться в мантию Земли, участвуя в каком-то непрерывном процессе геологической рецикличности. Этот процесс является весьма существенным для нас, поскольку именно он объясняет, например, возникновение гигантской горной цепи Анд в результате субдукции океанической коры вдоль всей западной границы южноамериканского континента. Развитие науки к этому времени настолько ускорилось, что пока машинистка допечатывала статью Хесса, появилось еще одно неожиданное доказательство ее правоты.

***

Вопреки распространенному представлению о внешнем виде

ученых, можно с уверенностью заявить, что науку создают не только бледные очкарики-аккуратисты, но и физически крепкие, веселые юноши или девушки, чей загар напоминает о путешествиях и приключениях. Именно к этому типу относился студент-геолог Алан Кокс из Беркли, который занялся малоизученной (но чрезвычайно важной и загадочной) проблемой намагниченности различных горных пород. Дело в том, что измерения на многих геологических образцах явно свидетельствовали, что либо горные породы спонтанно меняют свою намагниченность (что представляется по меньшей мере странным), либо Южный и Северный полюсы планеты время от времени меняются местами (не менее странное событие!). Кокс отправился в предгорья Сьерра-Невады (Калифорния) и занялся тщательным исследованием образцов базальтовых пород, образующихся при застывании вулканической лавы. Доэтого геологи были уверены в том, что намагниченность таких пород определяется направлением магнитного поля Земли в момент отвердевания жидкой лавы, т. е. любой кусочек минерала просто «запоминает» направление земного магнетизма в момент своего образования и, подобно застывшей стрелке компаса, всегда остается направленным строго на север. Поэтому их совершенно сбивал с толку тот факт, что магнитное поле базальтов в Исландии было направлено в противоположную сторону (позднее такие же «неправильно намагниченные» базальты были обнаружены во многих других местах, включая Европу, Северную Америку и Японию).

Кокс начал с систематизации и обобщения данных о самых разных по датировке и намагниченности базальтовых образцах, исходя из того, что в далеком прошлом происходили какие-то непонятные «опрокидывания» *(flip-flop)* магнитного поля Земли. Разумеется, сначала эта гипотеза вызвала лишь раздражение специалистов, но тщательное изучение образцов показало, что магнитное поле половины образцов калифорнийских базальтов действительно направлено на север, в то время как намагниченность второй половины направлена на юг. Примерно к 1961 г. Кокс и его друг, специалист по датировке возраста горных пород Брент Дальримпл установили, что за последние 4 миллиона лет произошло не менее девяти «опрокидываний» магнитного поля Земли, хотя им и не удалось предложить никаких удовлетворительных объяснений этим событиям. Строго говоря, механизм и периодичность этого эффекта остаются непонятными и в наши дни, и мы можем лишь утверждать на основе достаточно развитой методики датировки возраста горных пород, что магнитное поле планеты по непонятным причинам

через нерегулярные промежутки времени (минимальный интервал составляет около 100 тысяч лет) меняет свой знак, т. е. Южный и Северный магнитные полюсы меняются местами. К счастью, в последний раз это событие произошло до появления человечества, так как трудно даже представить, какое головокружение и тошноту должны были бы испытать люди при столь немыслимом событии.

Еще до того, как Кокс и его команда окончательно установили странный эффект «перемагничивания» планеты, двое других энергичных исследователей пришли к тому же выводу на основе совершенно иных экспериментальных данных. Фреду Вину и Драммонду Метьюзу, проводившим магнитометрические измерения на научно-исследовательском судне в западной части Индийского океана, посчастливилось в 1961 г. обнаружить в морских глубинах новый геологический феномен, неизвестный их сухопутным коллегам. Оказалось, что параллельно главным подводным хребтам (в геопоэзии Хесса они называются центральными) располагаются перемежающиеся полосы пород белого и черного цвета (такие структуры, естественно, были тут же названы «зебрами») шириной около 1,6 км, с чередующейся направленностью намагниченности.

С учетом всех описанных выше факторов гипотеза Вегенера начала быстро приобретать недостающие ей черты серьезной научной теории. Потоки лавы, создающие подводные хребты, при застывании «запоминают» направление магнитного поля в момент отвердевания. Упомянутые выше полосы, двигающиеся по направлению к континентам, несут «запись» о более ранних состояниях магнитного поля, вследствие чего чередование намагниченности в них должно повторяться (хотя бы в основных чертах) по обе стороны от центральных хребтов. Предсказываемая теорией симметрия магнитных характеристик полос «зебры» действительно была обнаружена, а в 1965 г. почти одновременно двум независимым исследовательским группам (одну из них возглавлял Дальримпл, а вторую составили эксперты по строению морского дна) удалось точно определить дату последнего «опрокидывания» магнитных полюсов (около 900 000 лет тому назад). Кроме этого, появились и другие убедительные свидетельства неоднократного перемагничивания планеты, что сделало доводы Хесса почти неотразимыми и еще раз подтвердило правильность исходных построений Вегенера. Требуемый для основ теории источник энергии был обнаружен – расширение океанов еще со времен первичного континента Пангеи создавало давление, которое заставляло материки дробиться и дрейфовать в различных направлениях, в результате

чего сейчас мы наталкиваемся на разрозненные осколки единого целого в виде тропических островов Кару или покрытого льдами Шпицбергена.

***

В настоящее время можно считать достаточно строго установленным, что континенты действительно медленно сдвигаются от активных центральных океанических хребтов (например, Атлантика расширяется со скоростью 1 сантиметр в год), и их движение хорошо описывается так называемой теорией *тектоники плит,* естественно объединившей теории Вегенера и Хесса. Толщина земной коры, по-видимому, составляет около 100 километров на суше, 75 километров на дне океана и 160 километров в основании материков, что уже позволяет представить какое-то «лоскутное одеяло» из постоянно расталкивающих друг друга гигантских массивов.

На границах столкновений континентальных плит происходят мощные геологические процессы (типа землетрясений, извержений вулканов и т. п.), создающие новые глобальные структуры, примером чего может служить гигантское Тибетское нагорье, возникшее из-за столкновений Индийской и Евразийской тектонических плит (именно это когда-то утверждал Вегенер). Наиболее сложные процессы происходят на границе скольжения двух плит, двигающихся в противоположных направлениях, где поверхность Земли содрогается под воздействием гигантских сил, вызывающих разрушительные подземные толчки и другие геологические катаклизмы. В Соединенных Штатах давно пользуется печальной известностью район Сан Адреас в Калифорнии, где огромная тихоокеанская плита неотвратимо смещается на север (со скоростью около 6 сантиметров в год.), безжалостно «вдавливая» южную часть Калифорнии в северную.

Полная картина движения континентальных плит пока не расшифрована, поскольку ученые стали прослеживать ее лишь в самое последнее время (несколько десятков лет нельзя даже сопоставлять с длительностью геологических эпох). Однако уже сейчас ясно, что необходимо учитывать траектории скольжения нескольких главных плит (от тринадцати до двадцати, в соответствии с разными вариантами теории) с диаметром около 2500 км и одной огромной тихоокеанской плиты, превосходящей

по размерам все остальные в несколько раз. Достаточно легко можно предсказать драматические последствия столкновения этих континентальных плит (например, Индийская плита буквально «вбивается» в Центральную Азию, в то время как лежащая на этой же плите Австралия стремится оторваться от нее).

Как и многие другие открытия последнего столетия, теория дрейфа континентов еще раз доказывает человечеству, что оно остается заложником природы, а воспринимаемый нами мир вовсе не эволюционирует, а стремится, возможно, к какой-то своей собственной цели. Тихий океан, остров Мадагаскар и многие другие образования ожидает судьба давно исчезнувших Пангеи и Панталассы. В природе непрерывно меняется все – от формы созвездий до распределения типов ДНК у биологического вида *Homo sapiens* или размеров наблюдаемой Вселенной. В мире нет ничего незыблемого и постоянного, что можно было бы назвать твердой почвой под ногами (того, что римляне именовали *terra firma),* за исключением, возможно, короткого времени жизни каждого отдельного человека, способного воспринимать этот мир и быть благодарным судьбе за сам факт своего рождения и существования.

***

В 60-е годы прошлого столетия, когда описываемая теория дрейфа континентов стала стремительно развиваться и входить в моду, геологи начали также экспериментально исследовать структуру коры и ядра Земли, причем опять в судьбе великой гипотезы Вегенера сыграла свою роль война и связанные с ней обстоятельства (впрочем, в этой ситуации следует говорить не о войне, а об атмосфере ее ожидания). В годы «холодной войны» для контроля над выполнением договоров о запрещении ядерных испытаний была разработана весьма эффективная и сложная военная система сейсмического мониторинга всей планеты, что стало важным дополнением к уже существовавшей сети гражданских сейсмических станций. Подобно землетрясениям, ядерные взрывы порождают целый набор первичных и вторичных (так называемых афтершоков) низкочастотных волн, которые после взрыва долго продолжают пульсировать и затухать в недрах Земли. На основе данных о таких колебаниях сейсмологи научились легко определять координаты и мощность исходных

толчков. Такие измерения одновременно позволили ученым составить довольно подробные карты строения земной коры и исследовать законы прохождения сейсмических волн в самых разных (по плотности и структуре) горных породах. На основе полученных новых данных ученые смогли, наконец, создать достаточно точную картину субдукции (взаимодействия плит при скольжении) на границах зон землетрясений. Измеряя ударные волны, порождаемые движением гигантских скальных массивов, погружающихся внутрь мантии при расширении морского дна, сейсмологи смогли восстановить достаточно достоверно механизм процессов. Мантия, состоящая из горячих и частично расплавленных горных пород, имеет глубину около 3000 километров и достигает ядра Земли (стоит напомнить, что максимальная глубина скважин, достигаемая при использовании новейшего оборудования, не превышает 13 км), причем температура при переходе от коры к ядру возрастает от 1100 ˚С до 3500 ˚С.

Новейшие данные скорее подтверждают и уточняют, чем изменяют принятую в науке картину строения Земли (сложившуюся еще во времена Вегенера), согласно которой вся поверхность морского дна и материков нашей планеты покрыта тонкой и жесткой корой, плавающей на поверхности горячей и почти жидкой мантии. Кору и верхнюю, достаточно плотную часть мантии обычно называют литосферой (от греческого *lithos,* камень), а менее плотные породы нижней части мантии – астеносферой (от греческого *asthenes,* слабый).

К сожалению, за последние десятилетия мы узнали очень мало нового о строении ядра Земли. Геологи полагают, что оно имеет жидкую внешнюю оболочку (состоящую в основном из расплавленных никеля и железа, но более плотную, чем расположенная выше мантия) и центральную часть, в которой никель и железо находятся в твердом состоянии под огромным давлением. Радиус ядра (включая внешнюю оболочку) составляет примерно 3600 км. Очевидно, что ядро представляет собой чудовищную по размерам раскаленную «печь», однако ее роль в геологической истории планеты пока остается совершенно невыясненной. Ученые не знают, как ядро связано с механизмом перемагни-чивания Земли, могут ли в нем возникать достаточно мощные тепловые потоки, способные сдвигать участки коры или создавать горные хребты, и т. д.

***

В 1928 г., всего за два года до смерти Вегенера, кто-то из геологов предположил, что тепловая энергия вулканов обусловлена мощными конвективными потоками в глубинах Земли. Такие процессы напоминают привычное кипение воды в сосуде, когда нагретая жидкость поднимается к поверхности, слегка охлаждаясь из-за образования пузырьков, а затем конденсируется на стенках и стекает вниз. Разумеется, Вегенеру сразу понравилась эта теория, поскольку в ней присутствовал некий механизм, способный объяснить дрейф континентов. К сожалению, в те годы знания о мантии Земли были столь ограничены, что никто не мог оценить мощность предлагаемых конвективных потоков и их способность смещать континентальные блоки или плиты.

В современной модели внутреннего ядра считается возможным (хотя и не доказанным строго), что конвективные потоки могут существовать и очень медленно, буквально за миллионы лет пробиваться через вязкую, раскаленную мантию к поверхности, после чего они остывают и вновь опускаются к ядру планеты. Связанный с этим механизм напоминает турбулентность воды при кипении и вполне может оказаться «недостающим» двигателем дрейфа континентов. Конечно, этот процесс гораздо сложнее обычного кипения, хотя бы по той простой причине, что потоки магмы пробиваются к поверхности через разнообразные геологические структуры и их движение зависит от множества факторов, определяемых масштабом, траекторией движения, давлением и температурой.

Ядро Земли, по-видимому, является гигантским мотором, способным мощно и неотвратимо создавать новые горные хребты и сталкивать континенты. Однако мы должны помнить, что наша планета является всего лишь крошечной частью Солнечной системы, а само Солнце представляет собой лишь весьма заурядную звезду из их немыслимого множества во Вселенной. Астрономы считают, что общее число звезд в наблюдаемой Вселенной можно сравнить с числом песчинок на всех пляжах планеты, а по сравнению с размерами всей Вселенной все воспринимаемые нами объекты (звезды, скопления галактик, гора Эверест или скромная речка) напоминают элементарные частицы.

Глава 5

Большой взрыв, Великий хлопок и Вечная скука

В 1951 г. римско-католической церкви показалось, что наука преподнесла ей неожиданный подарок, и папа Пий XII по поводу появления одной новой физической теории смог с явным удовольствием заявить следующее: «…таким образом, наука строго доказала, что акт творения имел место. Космос возник из рук некоего Творца, а если существует Творец, то существует Бог!». Разумеется, наука ничего такого не могла и не хотела доказать, но Папа Римский чутко уловил, что стремительно набирающая авторитет и сторонников новейшая космологическая теория действительно трактует возникновение Вселенной в качестве отдельного, мгновенного события. Так называемая теория Большого взрыва (Биг Бэнг) ни в коей мере не может служить физическим обоснованием справедливости актов творения, описанных в библейской Книге Бытия. Если говорить совершенно строго, то в первой главе этой книги описаны два независимых акта творения^ Более того, с точки зрения чистой физики, она удивительно похожа и явно вытекает логически из описанной в гл. 1 теории Хаббла расширяющейся Вселенной.

Действительно, если принять на веру, что галактики разлетаются в разные стороны с огромной скоростью, то логично предположить, что когда-то все они были собраны вместе (подобно тому, как искры фейерверка разлетаются из точки взрыва), т. е. когда-то, очень давно все вещество Вселенной (все галактики, созвездия и туманности) было сжато в единый «комок» вещества немыслимой плотности. Кроме этого, в соответствии с законами Ньютона, разбегающаяся Вселенная, создающая пространство, должна медленно остывать, так что исходное, сжатое вещество Вселенной должно было быть исключительно «горячим». Исходя из сказанного, легко прийти к выводу, что когда-то вся Вселенная представляла собой некую «точку», в которой материя имела бесконечную плотность и бесконечную

температуру.

Строго говоря, описанные выше условия (бесконечные плотность и температура, а также, очевидно, обусловленное этим отсутствие привычного нам пространства-времени и т. д.) нормальный человек, разумеется, не может ни осмыслить, ни представить, так что ниже речь пойдет лишь о грубом «описании» неких невообразимых процессов (с использованием абстрактных слов и понятий, которые кажутся нам понятными). Наш язык явно обладает гораздо большими возможностями, чем наш мозг (клетки которого, представляют собой, по-видимому, обычные атомарные структуры классической физики, а не «квантовую пену» современнейших теорий). Все мы, люди, «плывем в одной лодке», и наш бедный, ограниченный, человеческий разум не обладает способностью представлять бесконечные объекты, так что, честно говоря, все попытки понять эти невероятные физические реальности при помощи хитроумных «аналогий» немногого стоят.

Попробуем, например, представить себе смысл нескольких слов из предыдущего текста, относящихся к разбегающейся материи, которая создает пространство. Во что может, собственно, «расширяться» разбегающаяся Вселенная? Любой ответ на этот вопрос представляется нелепым, поскольку Вселенная существует только в том случае, если она…существует! Ничего другого не дано, получается, что расширение Вселенной само и создает пространство, в котором эта Вселенная определена. Человеческое сознание не способно представить расширение в «ничто», в никуда, в абсолютную пустоту, однако нельзя не восхищаться дерзостью нашего разума, способного создавать подобные тории, в которых почти все является невообразимым. Знаменитый астрофизик Стивен Хо-кинг писал, что «…спрашивать о том, что было до Большого взрыва, столь же бессмысленно, как пытаться двигаться дальше к северу, находясь на Северном полюсе». Почему? Да просто потому, что до Большого взрыва не существовало никакого понятного нам линейного течения времени. Представляется вероятным, что до взрыва время имело какую-то «замкнутую» или циклическую структуру, в связи с чем неожиданно вспоминается, что еще в IV веке святой Августин считал, что «… мир и время были когда-то созданы, причем мир возник не во времени, а одновременно с ним».

Возвращаясь к теме Большого взрыва, следует отметить также, что многие исследователи еще в начале XX века (т. е. до открытия Хабблом эффекта разбегания галактик) предполагали возможность расширения Вселенной на основе эйнштейновской

теории относительности. Возможно, настоящим «отцом» теории Большого взрыва следует считать иезуитского священника, известного теолога и астронома Жоржа-Анри Лемет-ра, который в 20-х годах предположил возможность взрыва в далеком прошлом гигантского «космического яйца». Например, Леметр писал, что «…наблюдаемую нами картину эволюции мира можно сравнить с гаснущими сполохами праздничного фейерверка – немного ярких звездочек, немного пепла и немного дыма. Мы видим медленное угасание звезд и пытаемся по ним представить блеск и великолепие мира в момент его зарождения». В сущности, эта прекрасная и поэтическая картина оказалась почти правильной, несмотря на то, что многие ее детали весьма сложны (во всех четырех измерениях!).

Однако и после открытия Хаббла оставались астрофизики, не принимающие теорию рождения Вселенной и продолжающие считать ее однородной во всех измерениях. В 1948 г. Томас Голд сформулировал теорию стационарного состояния Вселенной, в соответствии с которой мир должен выглядеть одинаковым для наблюдателей, находящихся в любой его точке и в любой момент времени (включая прошлое, настоящее и будущее).

В теории Голда и его сторонников галактики вспыхивали, разбегались и умирали непрерывно, что выглядело альтернативой классической теории расширения, поскольку предполагалось, что если вещество исчезало где-то в глубинах космоса, то в каком-то другом месте возникало новое вещество, и это поддерживало общий баланс материи и стационарное состояние Вселенной в целом. Стоит отметить, что все попытки зарегистрировать рождение атомов в космосе оказались безуспешными.

В защиту идей Голда энергично выступал знаменитый английский астроном Фред Хойл, издевательски писавший ранее, что теория Большого взрыва «…не имеет никаких достоинств, лишена элегантности… и напоминает глупые детские игры вокруг праздничного пирога». Забавно, но именно Хойл придумал сам термин «Большой взрыв» *(big-bang),* презрительно использовав его в очередной полемической заметке. К удивлению и досаде Хойла, оппоненты немедленно подхватили и «раскрутили» это эффектное словосочетание, сделав его исключительно популярным! Хойл относился к идеям «космического яйца» с глубокой личной неприязнью и во многих своих книгах и статьях неоднократно возвращался к мысли, что «…Вселенная не имеет ни начала, ни конца».

Теория стационарной Вселенной не выдержала испытания временем, хотя бы потому, что в наблюдаемой Вселенной ученые быстро обнаружили целый ряд существенных неоднородностей и

даже аномалий, хотя в соответствии с ней мир должен был бы выглядеть (по меньшей мере, после некоторого усреднения) достаточно однородным и одинаковым по свойствам. Именно попытки проверки этих постулатов неожиданно привели к совершенно неожиданным результатам.

Георгий Гамов

Сторонником идеи расширения Вселенной был знаменитый физик Георгий Гамов, который в 1948 году предложил новый метод проверки самой идеи первичного взрыва. По идее Гамова, тепло и свет после события такого космического масштаба (в самом буквальном смысле этих слов!) должны были также распространяться изотропно (однородно во всех направлениях), медленно охлаждаясь в течение миллиардов лет, в результате чего должно сохраняться некое фоновое космическое излучение совершенно определенного типа. Гамов предсказал, что оно должно наблюдаться в микроволновом диапазоне и соответствовать электромагнитным волнам с очень низкой температурой (около 5 градусов по шкале Кельвина, т. е. примерно – 268 ˚С), при которой практически отсутствуют любые молекулярные взаимодействия.

В 1963 г. астрономы всего мира были ошеломлены открытием новых, самых ярких объектов Вселенной, когда вдруг обнаружилось, что на расстоянии миллиардов световых лет от нас существуют таинственные мощные источники радиоволн,

которые можно наблюдать при помощи радиотелескопов, но, естественно, практически невозможно разглядетьдаже в самые мощные оптические устройства. Выяснилось, что средняя яркость этих объектов соответствует сотням миллиардов звезд типа нашего Солнца, а один из этих невероятно ярких объектов превосходит по яркости Солнце в полтора квадрильона (1015!) раз. Эти сверхмощные и страшно далекие от нас космические образования были названы квазизвездными радиоисточниками (сокращенно, квазарами), причем красное смещение линий поглощения в их спектрах показывало, что они удаляются от нас с огромной скоростью.

Само существование квазаров опровергало любую теорию однородной и постоянной во времени Вселенной и даже не потому, что эти чудовищные по мощности «маяки Вселенной» были очень далекими и очень «старыми». Для физиков более серьезным было то, что их распределение оказалось неоднородным, т. е. воображаемому наблюдателю в теории Голда представилась бы совершенно разная картина пространства-времени в разных точках Вселенной (например, вблизи Земли и в окрестности квазара) и в разные моменты времени. Миллиарды лет назад он мог бы наблюдать только «молодые» или формирующиеся квазары, а сейчас это стало невозможным, т. е. Вселенной можно приписать какой-то возраст и она имеет какую-то историю. Даже если окажется, что мы неправильно оцениваем красное смещение квазаров (как считают некоторые специалисты), и эти объекты находятся значительно ближе к Солнцу, то по многим другим причинам наличие в космосе этих гигантских, причудливых и сверхъярких объектов по-прежнему будет служить решительным опровержением теории стационарной Вселенной. Можно сказать, что существование квазаров не столько опровергает эту теорию, сколько «дискредитирует» ее.

Впрочем, к 1964 г. появились и прямые доказательства правоты теории Большого взрыва. После Второй мировой войны стала интенсивно развиваться радиоастрономия, что позволило обнаружить не только упоминавшиеся выше квазары, спиральные структуры галактик Млечного Пути и скрытые за облаками космической пыли ядра галактик, но и массу других интересных объектов и явлений. В частности, по заданию правительства США (в связи с гонкой космических вооружений) известная Лаборатория Белла провела ряд экспериментов, в одном из которых двое молодых сотрудников (Роберт Вильсон и Арно Пензиас) попытались определить точный вид спектра сверхновых звезд, но неожиданно столкнулись с наличием в космосе

постоянного источника радиопомех. Аппаратура, смонтированная ими на телекоммуникационном спутнике, включала в себя антенну длиной около 6 метров, ставшую одним из самых знаменитых приборов в истории науки. Вильсону и Пензиасу никак не удавалось обнаружить источник помех, поскольку дополнительное излучение поступало практически по всем направлениям и его никак не удавалось связать с каким-либо конкретным земным или небесным объектом. Позднее они писали: «…мы столкнулись с изотропным, неполяризован-ным и неменяющимся во времени излучением». В какой-то момент исследователи были настолько сбиты с толку, что начали искать причину искажений в… пухе от голубей, живших на Земле рядом с приемной антенной, однако избавиться от фоновых помех никак не удавалось.

Судьба иногда любит подшучивать над людьми (даже весьма образованными!), поскольку Вильсон и Пензиас выполняли конкретную научную программу, совершенно не связанную с проблемами возникновения пространства и времени, и, более того, оба скептически относились к теории Большого взрыва. Однако в расположенном неподалеку Принстон-ском университете была целая группа физиков, заинтересованных этой теорией и размышляющих о возможностях регистрации предсказанного Гамовым излучения (еще одна ирония судьбы связана с тем, что теоретики Принстона, похоже, не знали о работе Гамова и сами пришли к аналогичному выводу).

Руководитель группы физиков в Принстоне Роберт Дике и его помощник Джим Пиблс тоже считали, что фоновое космическое излучение должно быть остывшим до микроволнового диапазона, и даже начали монтировать собственную регистрирующую антенну из деталей, покупаемых в ближайших магазинах подержанной радиоаппаратуры, когда кто-то сообщил им о странных радиопомехах в опытах Вильсона и Пен-зиаса при температуре 3,1 К. Рассказывают, что Дике сразу понял, о чем идет речь, и с гримасой огорчения объявил своим коллегам: «Ребята, все кончено! Эти парни нас обогнали!».

Как будет рассказано чуть ниже, фоновое космическое излучение (уточненное значение его температуры составляет 2,73 К) возникло не сразу при зарождении Вселенной, а примерно на 300 000 лет позже, когда началось так называемое Великое разделение вещества и излучения (примерно от 12 до 20 миллиардов лет тому назад). Пензиас и Уилсон с самого начала отмечали удивительную однородность (изотропность) регистрируемого излучения (с точностью до 0,0001), свидетельствующую о том, что оно возникло одновременно и

везде во всем объеме развивающейся Вселенной. Спектр излучения наглядно демонстрирует, что оно возникло в состоянии равновесия, т. е. при его рождении существовало полное равновесие между веществом и излучением.

В современной научной и популярной литературе часто подчеркивается, что Большой взрыв следует рассматривать не в качестве обычного (хотя и крупномасштабного) непрерывного взрыва, а, скорее, в виде процесса раздувания гигантского шара (типа надувных детских шариков), на поверхности которого и размещено (или, если угодно, размазано!) все вещество воспринимаемой нами Вселенной. Впрочем, стоит отметить, что и эта аналогия достаточно расплывчата, поскольку поверхность раздуваемого шара в действительности соответствует именно воспринимаемому нами трехмерному пространству. Поэтому иногда используется еще более простая метафора: рост Вселенной уподобляют выпеканию обычной булки с изюмом (по мере разбухания теста при выпечке изюминки «разбегаются» друг от друга подобно галактикам в просторах космоса). Это различие (расширение вместо непрерывного взрыва) может показаться, на первый взгляд, искусственным и несущественным, однако оно еще раз напоминает нам, что развитие Вселенной представляет собой весьма сложный процесс, при котором (используя жаргон биологов) в огромной «биомассе» черных дыр под воздействием каких-то галактических «ферментов» в мучительных усилиях «рождаются» новые космические структуры.

В настоящее время считается, что размер возникающих при раздувании Вселенной галактик впоследствии не изменяется, так как мощные силы гравитации быстро формируют из них устойчивые структуры (спирали, эллипсоиды и т.п.), которые в непонятном для нас ритме «вальсируют» в космических глубинах. Остается лишь поражаться тому, что вся эта немыслимая по размерам, величественная Вселенная могла возникнуть из ничтожной точки за сверхмалые доли секунды.

***

Внимательный читатель наверняка уже заметил, что описываемая безумная теория весьма напоминает библейский акт сотворения мира. Астрономы и физики никак не могут договориться по основному вопросу – как выглядел мир (что было? что могло быть? чего не могло быть?) до момента

первичного взрыва? Неужели Вселенная действительно просто возникла из небытия, буквально из «ничего»? Вспоминается точная и горькая фраза шекспировского короля Лира («…из ничего рождается только ничего!»), когда он говорит о правах наследования в своем крошечном королевстве, т. е. о ничтожном событии в пространственно-временном континиуме мира и вечности. Что же может означать эта фраза в отношении к самому пространству-времени, определяющему развитие Вселенной?

С другой стороны, физики полагают, что никакой материи до взрыва действительно не существовало (по крайней мере, в известной нам форме), однако могли присутствовать какие-то мгновенно возникающие и исчезающие искры в квантовом «тумане», способные в нужный момент активировать или «оплодотворить» упоминавшееся космическое яйцо. Другими словами, даже в описываемом, трудно представи-мом состоянии мира до взрыва присутствовали (или просто ожидали момента реализации своего присутствия!) какие-то до-атомные частицы вещества.

Впрочем, об всем этом мы можем только догадываться или фантазировать. Нам известно всего лишь то, что в какой-то момент «нить времени» была разорвана каким-то квантом «невероятности», результатом чего и стал процесс сотворения мира, о котором вы читаете в этой книге.

Момент рождения Вселенной называют временем Планка, в честь великого физика Макса Планка. Этот момент, который можно обозначить словами «великая сингулярность», поскольку до него не существовало ничего, в том числе и никаких законов физики, был настолько кратким, что его трудно даже выразить в понятной человеку форме. Запись имеет вид 0,0000000000 0000000000 0000000000 0000000000 001 сек, т. е. 10-43 секунды! Если правы сторонники модной сейчас среди физиков теории струн (существует, по меньшей мере, пять основных вариантов этой теории), то до момента сингулярности существовало от 10 до 26 измерений пространства, но именно в эпоху Планка они за очень короткий промежуток времени аккуратно «свернулись» в привычное нам четырехмерное пространство-время.

Что происходило дальше? Между нашей Вселенной и миром времени Планка существует немыслимый барьер, так что мы не знаем даже того, формировались ли основные физические характеристики нашего мира хаотически или в них были какие-то скрытые закономерности. Космологи полагают, что четыре типа известных в настоящее время физических сил (гравитационное, сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия) в этот момент уже существовали, но были каким-то образом связаны,

образуя некое единое взаимодействие.

Сингулярность закончилась через 10~ 43 секунды после сотворения мира, в результате чего образовалась очень небольшая величиной с протон или достаточно большая размером с острие иголки, т. е. около 0,1 мм, сфера. Главное в том, что в период Планка все вещество нашего мира, образующее чуть ли не 50 миллиардов галактик (расположенных в наблюдаемой нами области размером порядка 13 миллиардов световых лет), было сжато и сконцентрировано в исключительно малом объеме. Космическое яйцо формировалось в мутном бульоне, где еще не существовало даже атомов, а «болтались» только субатомные элементарные частицы,типа электронов и нейтрино. Для образования знакомых нам атомов должно было произойти разделение четырех упомянутых фундаментальных физических взаимодействий, а к концу эпохи Планка из них выделилась только гравитация (остальные три оставались слитыми в единое целое).

К концу эпохи Планка (примерно 10~36 секунды) начался этап расширения Вселенной, который физики иногда называют просто раздуванием в продолжение упомянутой аналогии с надувным детским шариком. В соответствии с идеями, внесенными в теорию Большого взрыва специалистом по элементарным частицам Аланом Гутом в 1980 г., миллиарды частиц начали разлетаться из космического яйца практически одинаково по всем направлениям. Мы не знаем, что стало причиной этого события (возможно, какие-то ничтожные изменения в энергии состояния), но за какие-то доли секунды Вселенная чудовищно разбухла, высвободив фантастическое количество энергии, которая стала стремительно превращаться в материю, т. е. создавать то, что мы сегодня называем веществом и можем видеть или регистрировать своими приборами. Одновременно распалась связь между тремя оставшимися фундаментальными взаимодействиями, в результате чего так называемые сильные (ядерные) взаимодействия начали создавать атомарные структуры, электромагнитные взаимодействия – более сложные (молекулярные) структуры из этих атомов, а так называемые слабые взаимодействия стали регулировать некоторые процессы радиоактивного распада. На сегодня теория Гута наилучшим образом описывает расширение, приводящее к возникновению относительно однородной Вселенной с достаточно равномерным распределением галактик и температурных полей. В соответствии с этой теорией, все образовавшееся за эпоху Планка вещество почти мгновенно заполнило весь возникший объем, вследствие чего в целом мир

остался однородным, т. е. сохранил некие средние значения температуры и плотности (если так можно назвать степень заполнения мира галактиками). Говоря упрощенно, однородность Вселенной является следствием того, что все вещество мира возникло действительно одновременно и в одной точке.

Расширение Вселенной продолжалось всего 10~33 секунды, а уже к концу первой секунды после Большого взрыва почти все вещество перешло в форму адронов (тяжелых субатомных частиц), образуемых кварками. Температура при этом понизилась от бесконечности примерно до 3 триллионов градусов по шкале Кельвина и это позволило кваркам начать объединение друг с другом и формировать нейтроны и протоны, что было невозможно при более высоких энергиях. Некоторые комбинации кварков оказались слишком сложными, не смогли «выжить» и исчезли в результате распада. По мере остывания Вселенной в ней начали происходить и другие, более медленные процессы развития, например образование лептонов, вследствие чего этот этап развития называют *лептонной эпохой.*

***

На этом этапе температура снизилась примерно до 10 миллиардов градусов по шкале Кельвина, что позволило возникнуть следующему поколению элементарных частиц, так называемым лептонам, к которым относятся легкие атомные частицы (электрон, нейтрино, мюоны и их античастицы), вследствие чего примерно через 60 секунд после Большого взрыва началась эпоха синтеза ядер, продолжавшаяся около 2 минут. После этого температура понизилась примерно до 1 миллиарда градусов, а средние энергия и плотность стали подобны тем, которые мы можем наблюдать сейчас внутри молодых звезд, где идет непрерывный синтез атомов гелия при одной из важнейших термоядерных реакций. Известно, что этот процесс имеет три стадии: 1) нейтрон захватывает протон, образуя ядро дейтерия; 2) дейтерий превращается в тритий после захвата следующего протона; 3) тритий соединяется с дополнительным протоном, образуя устойчивое ядро гелия из двух нейтронов и двух протонов. Неудивительно, что за эту эпоху было создано огромное количество ядер атомов гелия и лишь очень небольшое число стабильных ядер дейтерия и лития. Это обстоятельство имеет особое значение, поскольку относительное содержание

трех указанных типов атомов характерно для этапа образования элементов и останется неизменным в течение всего дальнейшего расширения Вселенной (от 12 до 20 миллиардов лет).

В настоящее время гелий составляет примерно четверть от общей массы Вселенной, и именно синтез гелия внутри звезд предлагался упоминавшимися выше теоретиками из Принстона во главе с Дике в качестве основного механизма, ответственного за распространенность элементов в существующем мире.

Итак, прошло примерно три минуты после Большого взрыва. Закончилось бурное образование гелия и доминирующую роль в развитии мира стало играть излучение (в первую очередь, высокоэнергетические рентгеновские лучи), вследствие чего всю последующую длительную эпоху (около 300 000 лет) называют радиационной. Первые 10 000 лет в центре Вселенной горел чудовищный огненный шар, но постепенно количество энергии, превращающейся в вещество, стало сравниваться с количеством, преобразующимся в энергию, что стало исключительно важной вехой в развитии Вселенной, поскольку именно с этого момента началось образование привычных нам атомов. Дело в том, что только после установления такого равновесия фотоны (крошечные квантовые частицы) получили возможность свободно распространяться, так как до этого их движение ограничивалось непрерывными процессами столкновения и рассеяния на электронах. Попросту говоря, до этого никакой наблюдатель, даже если мы вообразим себе фантастическую возможность его существования, не мог бы наблюдать извне (хотя никакого «извне» тоже еще не существовало!) описываемые события, так что первые 300 000 лет истории мира буквально «скрыты во мгле», и, следовательно, ни одна из многочисленных в истории искусства попыток нарисовать или как-то описать зарождение мира не имеет никакого смысла или значения.

Образно говоря, мгла рассеялась лишь после того, как диаметр Вселенной достиг примерно 1 миллиона световых лет (это соответствует примерно 100 миллиардам миллиардов километров), а ее температура снизилась до 4000 К, что и позволило субатомным частицам рекомбини-ровать и образовывать атомы водорода в дополнение к уже существующим атомам гелия. При этом почти все электроны оказались связанными на атомных орбитах, вследствие чего фотоны (свет и другие формы излучения) перестали рассеиваться на них и получили, наконец, возможность свободно распространяться. Процесс так называемого Великого разделения вещества и излучения сделал Вселенную зримой, превратив ее в гигантское облако светящегося газа (библейский Яхве не мог бы выбрать

более подходящего момента для произнесения знаменитой фразы: «Да будет свет!»).

Рекомбинация субатомных частиц продолжалась еще несколько миллионов лет, после чего практически не осталось свободных электронов и протонов (их доля в общем количестве вещества снизилась примерно до одной стотысячной), в то время как фотонное излучение продолжало распространяться и его температура спала до очень низкого уровня, который и сохранился до нашего времени. Именно это излучение и удалось зафиксировать Пензиасу и Вильсону своей достаточно простой антенной. В дальнейшем произошли значительные изменения из-за того, что образовавшиеся облака газообразного водорода продолжали расширяться, порождая новые галактики и звезды. Мы не понимаем деталей этого процесса, однако теоретики считают, что галактики стали формироваться примерно через 1-2 миллиарда лет после времени Планка и окончательно стабилизировались примерно через 1 миллиард лет. Некоторые из звезд при этом превратились в гигантские «печи», в которых начали синтезироваться атомы главных тяжелых элементов (железо, кислород и углерод), ставшие основой всего воспринимаемого нами мира. Некоторые самые мощные звезды при этом взрывались, образуя так называемые Сверхновые звезды. Еще примерно через 10 миллиардов из этих атомов образовались, например, планеты Солнечной системы со всем их содержимым (включая живую природу и человечество), что и позволило великому астроному Карлу Сагану первому отметить, что «все мы рождены из звездной пыли». Действительно, каждый рождающийся на свет младенец состоит из тех самых атомов, которые возникли в галактиках после разделения вещества и излучения за счет длительных и непрерывных трансформаций. Красивая девушка и ее украшения созданы из одного и того же пепла звезд, из атомных структур, возникших миллиарды лет назад при взрывах Сверхновых в сотнях световых лет от нас.

Наше Солнце погаснет по космическим масштабам довольно быстро (примерно через 5 миллиардов лет), однако его размеры и мощность очень незначительны, поэтому гибель Солнца не будет сопровождаться взрывом, образованием Сверхновой и выбросом в окружающее пространство потока тяжелых элементов, необходимых для дальнейшей эволюции Вселенной. Наше Солнце похоже на множество других образований Млечного Пути и представляет собой лишь заурядную звезду, способную только сжечь свой запас водорода и превратиться сначала в один из тех малых небесных объектов (величиной с Землю), которые астрономы несколько презрительно именуют «белыми

карликами», а затем и в совершенно крошечное образование, называемое «черным карликом».

***

Насколько справедлива теория Большого взрыва и насколько долго она сохранится в науке? Многие космофизики, исходя из имеющегося опыта драматического развития астрономических идей в XX столетии, ожидают новых, еще более поразительных открытий. За последние сорок лет ученые получили достаточно убедительные подтверждения этой теории, а также целый ряд новых и весьма серьезных неожиданных закономерностей, относящихся к эволюции Вселенной. Например, выяснилось, что Вселенная достаточно однородна, хотя и обладает рядом выраженных структурных особенностей. Удивительным оказалось существование такназываемой Великой Стены (гигантская плоская структура из галактик общей толщиной около 500 миллионов световых лет), не имеющей никаких аналогов в наблюдаемой нами части мира. С другой стороны, вдруг обнаружилось, что между гигантскими скоплениями и кластерами галактик существует множество «пустот» размерами до 150 миллионов световых лет. Какие-то необъяснимые особенности обнаруживаются даже весьма близко (разумеется, по космическим масштабам), поскольку оказалось, что наша собственная галактика расположена в так называемой Локальной группе, плотность которой почему-то примерно в 200 раз превышает среднюю по Вселенной в целом.

В описанной выше модели инфляционной Вселенной (читатель может представить себе раздувающийся шарик или мыльный пузырь) галактические структуры связываются друг с другом гравитационными силами, которые в некотором смысле усиливают процессы образования «не-однородностей» космоса, стягивая материю в достаточно крупные и устойчивые структуры. Разумеется, приведенная фраза содержит в себе противоречие, так как указанные процессы могут начинаться лишь после образования хоть каких-то неоднородностей в распределении вещества, но этот факт лишь иллюстрирует и подчеркивает противоречивость используемых нами экспериментальных данных.

Если бы предполагаемое стремительное расширение Вселенной по экспоненциальному закону продолжалось

достаточно долго, то она должна была бы заполниться очень горячим излучением, следствием чего были бы чудовищные тепловые флуктуации и, соответственно, значительные нарушения в однородности распределения вещества. Действительно, астрономические наблюдения подтверждают возникновение заметных нарушений в однородности мира примерно через 300 тысяч лет после Большого взрыва.

Космология выгодно отличается от многих других теоретических построений науки XX века именно тем, что многие ее выводы можно проверить экспериментально. Например, описанные выше нарушения плотности (т. е. зародыши будущих галактик) должны были как-то повлиять на спектр фонового (реликтового) излучения космоса. Предсказываемые теорией слабые нарушения спектра удалось зарегистрировать в 1992 г. в рамках специальной исследовательской программы по изучению реликтового излучения космоса *(COBE, Cosmic Background Explorer),* в соответствии с которой за 12 месяцев три микроволновых радиометра на борту спутника с высокой орбитой (около 900 км) различными, независимыми друг от друга методами дважды просканировали всю небесную сферу. Результаты измерений позволили выявить анизотропию фонового излучения, т. е. свидетельства неоднородности распределения вещества примерно через 300 тысяч лет после Большого взрыва, что позволило научному обозревателю газеты *New York Times* дать своему отчету об этих экспериментах красивый заголовок «Обнаружены складки на ткани пространства!».

Программа *COBE* показала, что температурные неоднородности реликтового излучения действительно соответствуют структуре наблюдаемой нами Вселенной, поскольку на участках, температура которых когда-то была на 0,001% выше температуры окружения, мы сегодня видим яркие звезды, гигантские галактики или целые скопления галактик. В областях с более низкой температурой (на те же 0,001%) сегодня можно видеть лишь гигантские «пустоты», чудовищные провалы в пространстве. Ученые полагают, что указанные ничтожные отклонения температуры (позднее ставшие зародышами грандиозных космических структур) возникли под воздействием акустических волн, существовавших в самый начальный период зарождения Вселенной, когда ее возраст измерялся лишь триллионными долями… от миллиардных долей секунды!

В 2000 году в Антарктиде на высоту 37 километров был запущен огромный аэростат с аппаратурой (проект *BOOMERanG),* которая позволяла повысить точность регистрации космического излучения в десятки раз. Изучение спектра реликтового

излучения в обширной и малоизученной до этого области над Антарктикой (примерно 2,5% площади небесной сферы) вновь выявило некоторые дополнительные флуктуации фона и еще раз подтвердило выкладки, основанные на теории Большого взрыва.

Наконец, в 2001 г. была осуществлена грандиозная международная программа картографирования звездного неба (на основе мощного англо-австралийского телескопа в австралийском городке Кунарабран) под общим названием «двумерный обзор красного смещения галактик». Анализ результатов такого сканирования еще раз подтвердил возможность существования упоминавшихся выше «изначальных» акустических волн в обширных областях размерами от 300 миллионов до 1,5 миллиардов световых лет, что и предсказывали теоретики.

Процесс картографирования и замеров параметров галактик продолжается, и сейчас (в рамках 5-летнего проекта под названием *Sloan Redshift Sky Survey* стоимостью в 80 миллионов долларов) создается уточненная трехмерная картина расположения примерно одного миллиона известных нам галактик. К лету 2001 г., когда закончился первый годичный цикл программы, уже были сфотографированы все галактики, удаленныеот Земли на 3 миллиона световых лет, что позволяет надеяться на обнаружение новых закономерностей в их зарождении и развитии.

Начало всякого процесса обычно таит в себе и намек на его окончание, поэтому космологи продолжают спорить о возможных вариантах конца или смерти Вселенной. Если мир подобен раздувающемуся воздушному шарику, то когда-нибудь его энергия иссякнет и он «схлопнется» внутрь (эта гипотеза, естественно, получила название Великого хлопка), в результате чего все вещество должно вновь вернуться в исходную точку и воссоздать начальную сингулярность, в которой энергия и масса составляли единое целое.

Ученые могли бы точнее предсказать будущее, если бы им было известно соотношение между кинетической и потенциальной энергиями в начальном состоянии. Нам известно, что энергия не возникает и не исчезает, а лишь преобразуется из одной формы в другую (или превращается в эквивалентное количество массы вещества). Дальность полета стрелы определяется ее кинетической энергией, а высота траектории – положением стрелы в потенциальном поле тяготения Земли, так что, зная параметры выстрела, можно определить и дальность, и высоту полета. Если потенциальная энергия мира в момент создания превышала кинетическую, то Великий хлопок

неизбежен, и когда-нибудь Вселенная испытает чудовищный коллапс. В обратном случае расширение Вселенной будет продолжаться вечно и закончится ее полным угасанием и охлаждением в немыслимо раздувшемся пространстве. В иной формулировке мы могли бы точно предсказать судьбу Вселенной, зная соотношение между реально существующей и критической плотностями.

В связи с этим особое значение приобретает проблема так называемых «призрачных нейтрино». Эти крошечные частицы (масса которых в 6000 раз меньше массы электрона) чрезвычайно трудно регистрировать, однако заведомо известно, что их число несравнимо выше числа всех остальных субатомных частиц (электронов, протонов, кварков) вместе взятых, так что их общая масса может играть существенную роль в эволюции Вселенной.

Вполне вероятной представляется также модель, в которой энергия и масса Вселенной настолько точно сбалансированы и соответствуют требуемым критическим значениям, что Вселенная после начального взрыва будет расширяться и умирать вечно. Будущее мира в этой модели выглядит весьма неинтересным, и поэтому ее в шутку называют теорией Вечной скуки. В этом сценарии расширение будет постоянно замедляться, а вещество Вселенной будет постепенно «размазываться» по все большему объему, пока образовавшиеся на первом этапе звезды и галактики постепенно не выгорят и не погаснут, подобно углям догорающего костра. Никакие новые звездные или атомарные структуры после взрыва почти не образуются, и поэтому через миллиарды миллиардов… миллиардов лет Вселенная обратится в чудовищно расползшееся облако из свободных электронов, позитронов, нейтронов и излучения. Исходная сингулярность с бесконечными плотностью и температурой превратится в бесконечно расширяющееся пространство, заполненное холодными и инертными субатомными частицами, которые будут продолжать заполнять всё новые объемы (точнее, создавать их «из ничего»).

Следует подчеркнуть, что во всех описанных моделях остается много нерешенных задач, так что, например, сейчас физики ожесточенно спорят о «возрастном кризисе» Вселенной, поскольку все модели дают слишком большой разброс при вычислении момента Большого взрыва (от 10 до 20 миллиардов лет тому назад) и, соответственно, скорости ее расширения. Проблема осложняется и тем, что специалисты никак не могут определить точные расстояния между звездными объектами, не могут договориться о единой системе интерпретации данных по красному смещению и другим эффектам.

Изрядную путаницу в развитие теории внесло использование Эйнштейном своей знаменитой космологической константы, так как позднее обнаружилось, что во Вселенной может существовать еще один, пока необъяснимый источник сил, а именно так называемая «темная энергия». Ее наличие или отсутствие может существенно изменить предполагаемое соотношение между «видимой» материей и энергией. Возможность существования темной энергии (или отрицательной гравитации) недавно была подтверждена данными, полученными на космическом телескопе «Хаббл» при наблюдении последствий взрыва Сверхновой звезды 11 миллиардов лет назад. Эта Сверхновая взорвалась достаточно быстро после Большого взрыва, когда в юной по возрасту Вселенной гравитация была мощнее сил темной энергии. Позднее (возможно, лишь несколько миллиардов лет назад) ситуация изменилась и произошло так называемое «обращение», после которого темная энергия, т. е. отрицательная гравитация, стала доминирующим фактором развития. Считается, что сейчас темная энергия составляет около 65% так называемой «скрытой» Вселенной и что она может ускорять процесс расширения. Необычная яркость Сверхновой, по мнению ученых может служить доказательством прежнего преобладания сил обычной гравитации.Строение элементарных частиц сейчас вызывает мало споров, но продолжает таить в себе ряд загадок. В теории Большого взрыва считается, что протоны и нейтроны состоят из более фундаментальных частиц, называемых кварками, которые, к сожалению, до сих пор никому не удалось экспериментально зарегистрировать в чистом состоянии. Число предлагаемых теоретиками видов кварков и составляемых из них элементарных частиц возрастает настолько быстро, что многие физики начинают считать эту исключительно сложную теорию ошибочной, а ее развитие объясняют лишь недостатками нашего воображения и нехваткой экспериментальных данных. Им даже кажется, что истинная картина вполне может оказаться значительно проще и нагляднее, как это часто бывало в истории науки (Эйнштейн любил говорить, что научные гипотезы должны быть «…простыми, но не упрощенными»).

В настоящее время на существующих и специально строящихся ускорителях проводятся и планируются эксперименты, воссоздающие условия начального этапа зарождения Вселенной. Разгоняя протоны и антипротоны в кольцах мощнейших ускорителей почти до скорости света (при этом, в соответствии с теорией относительности, масса частиц возрастает в сотни раз), физики затем сталкивают их друг с другом таким образом, что на ничтожные промежутки времени

(триллионные доли от триллионных долей секунды) температура частиц превышает температуру в центре Солнца, а их вещество распадается на исходные составляющие, т. е. как бы «вспоминает» самые ранние мгновения рождения Вселенной после Большого взрыва.

Полученные ранее результаты в общих чертах уже подтверждают справедливость существующих теорий, однако физики с нетерпением ждут 2005 г., когда в Женеве закончится строительство гигантского Ад-ронного Коллайдера, создаваемого совместными усилиями специалистов из 34 стран. Это устройство, стоимостью около 4 миллиардов долларов, представляет собой новейший кольцевой ускоритель длиной около 20 км, позволяющий сталкивать протоны при энергиях около 14 триллионов электрон-вольт. За последние десятилетия физики получили огромное количество доказательств существования многих предсказанных элементарных частиц (включая так называемые очарованные кварки, глюоны, топ-кварк и т. п.), но новый ускоритель позволяет начать «охоту» за самой интересной и загадочной частицей, называемой бозоном Хиггса. Дело заключается в том, что обнаружение такого бозона стало бы доказательством существования предсказываемого теоретиками так называемого поля Хиггса. По мнению многих физиков, именно это гипотетическое энергетическое поле пронизывает всю Вселенную и создает массу всех элементарных частиц за счет взаимодействия, которое можно уподобить привычному нам трению. Еще одна загадка природы связана с тем, что, строго говоря, ни одна существующая теория не объясняет самого факта существования массы у субатомных частиц.

В 2000 г. физикам показалось, что им удалось зарегистрировать неуловимый бозон Хиггса, однако тщательный анализ экспериментальных данных оказался разочаровывающим. Обозреватель Джеймс Гланц в газете *New York Times* позднее описал возникшую ситуацию в следующих выражениях: «Результат оказался статистической иллюзией,…случайным сочетанием взаимодействия уже известных элементарных частиц». Многолетняя история поисков бозона Хиггса заставляет вспомнить строчку из стихотворения поэтессы Мюриэль Рукейзер: «…Мир создан из историй и сказок, а не из атомов…». История поисков включает в себя длительные, сложные и изнурительные эксперименты, серьезные столкновения и споры по поводу интерпретации получаемых данных, ожесточенные конфликты из-за финансирования исследовательских групп и программ, и т. д. Теоретические и экспериментальные исследования в этой области стали причиной личной драмы многих талантливых ученых,

однако атмосфера «погони» за бозоном Хиггса сохраняется, а его предполагаемое обнаружение имеет шансы стать величайшим научным «призом» уже нашего, XXI века.

***

Физики порой размышляют о самых странных вещах, например о том, насколько часто могут происходить события типа Большого взрыва? Мы уже свыклись с мыслью, что мир вокруг нас состоит из атомов и все наблюдаемые процессы происходят с их участием. Даже наши рассуждения о самих атомах осуществляются лишь в результате некоторых электрохимических процессов в атомах клеток мозга, а любая шутливая или оскорбительная фраза доходит до нашего сознания лишь после диффузии атомов и молекул в воздушной среде. Сейчас мы начинаем понимать, что все эти атомы были когда-то созданы в результате гигантского процесса творения, происходившего в непостижимых для нашего человеческого сознания масштабах времени, пространства, энергии, мощи и (не побоимся и этого термина!) величия.

Большой взрыв по длительности можно сравнить с одним-единст-венным ходом (тик-так!) двести лет назад какого-то гигантского часового механизма, в результате чего что-то в этом механизме вдруг «сработало» и создало целую Вселенную. Физики пытаются угадать в этом процессе и другие, совершенно удивительные возможности. Например, если какое-то космическое яйцо оказалось способным породить Вселенную, то почему нельзя предположить возможность существования других подобных яиц? Создают ли они вселенные со всеми мыслимыми моделями пространства-времени? Похожи ли эти вселенные друг на друга или в каждой из них реализуются собственные, отличные от других законы природы? Мысль невольно обращается к идее бесконечности, и ученые начинают размышлять о числе вселенных или даже о том, что число Больших взрывов может быть очень велико, подобно тому, как велико оказалось число звезд нашей «собственной» Вселенной.

Глава 6

Ферма, Гёдель и нечеткая математика

Мир чисел представляется спокойной, ясной и точной наукой (особенно после рассказа о поразительных открытиях астрофизики и космологии). Представляется очевидным, что сумма двух единиц всегда дает два, а законы геометрии, даже если они не всегда интуитивно понятны, всегда являются строгими и последовательными в рамках своих определений. Параллельные линии никогда не пересекаются, как нас учат еще в школе, а если и пересекаются, то лишь в точном соответствии с хитрыми (но обязательно внутренне согласованными!) законами, открытыми в XIX веке. К этому же, приятно ясному типу идей относится также самое популярное и знаменитое математическое достижение XX века – доказательство так называемой последней, или Великой, теоремы Ферма, относящейся к классической отрасли математики, известной под названием теории чисел. Существующее в настоящее время доказательство считается вполне достоверным и не требующим дополнений или пояснений, однако, к некоторому разочарованию читателя, следует сразу отметить, что оно, несмотря на всю популярность и известность теоремы, вовсе не является основным достижением математики XX столетия. Более того, главный математический результат прошлого века остается не только малоизвестным, но и весьма тревожным и даже трудно осознаваемым самими математиками.

***

В декабре 2000 г. произошло исключительно редкое событие. Любители мюзиклов в обзоре театральной жизни газеты «Нью-Йорк Тайме» прочитали удивительно точное и краткое описание

выдающегося интеллектуального достижения в области чистой математики. В рецензии Вильбор-на Хэмптона было дословно сказано следующее: «…пьеса посвящена доказательству последней теоремы Ферма, над которой математики бьются уже почти 360 лет. Эта математическая загадка, предложенная Пьером де Ферма в начале XVII века, может быть сформулирована в виде утверждения, что уравнение вида $xn + yn = z$ не имеет решений для любых целых и положительных чисел x,y *и* z при целых значениях $n \rangle 2$». Рецензия Хэмптона была посвящена музыкальной постановке «Последнее танго Ферма», а легкомысленное название пьесы явно навеяно мюзиклами типа знаменитых «Кошек». Сам факт, что кто-то рискнул в конце XX века поставить на Бродвее пьесу, сюжет которой связан с математической теоремой, по-видимому, лучше всего свидетельствует об известности и необычности теоремы. Следует сразу отметить, что многие профессиональные математики считали теорему Ферма не столько недоказуемой, сколько не стоящей доказательства. Разумеется, в тексте пьесы постоянно встречались фразы типа «…таинственно, как доказательство теоремы Ферма…», рассчитанные на неосведомленного зрителя, но их не стоит даже комментировать.

Реальная история поисков решения задачи Ферма, разумеется, значительно сложнее сюжета бродвейского мюзикла, поскольку за несколько столетий в нее было вовлечено множество талантливых и ярких личностей, однако основная канва событий действительно может быть уложена в стандартную трехактную схему, характерную для голливудских фильмов: ученый находит доказательство, доказательство оказывается утерянным, его вновь обнаруживают после весьма сложных поисков. В настоящее время теорема считается доказанной (справедливости ради отметим, что доказательство является очень сложным и основано на математических открытиях XX века. Однако следует еще раз подчеркнуть, что это событие вовсе не стало важной вехой в истории самой математики, так что предлагаемые рассказ и обсуждение связаны лишь с ее необычной историей и исключительной популярностью.(Нельзя не упомянуть, что нездоровый интерес к доказательству теоремы со стороны любителей был в значительной степени подогрет объявленной в конце XIX века крупной международной денежной премией, которую отменили только после Первой мировой войны. – *Прим. перев)*

Пьер де Ферма (1601-1665 гг.) является, возможно, самым известным в истории ученым-любителем. Он был исключительно разносторонне одаренным и незаурядным человеком, счастливым

отцом многочисленного семейства и известным юристом. Ферма много лет проработал в качестве парламентского советника во французском городе Тулузе и заслужил общее уважение своей принципиальностью и честностью. Одновременно он настолько серьезно и успешно занимался разнообразными научными изысканиями, что получил от современников прозвище Короля любителей. Ферма изучал и комментировал труды античных математиков, сумел (задолго до рождения Ньютона) обнаружить ряд закономерностей будущего интегрально-дифференциального исчисления и разработал основы целой области математики, известной в наши дни под названием теории чисел. (Пьер Ферма внес существенный вклад в развитие математики, но его главной заслугой в истории науки является установление так называемого вариационного принципа Ферма, ставшего основой геометрической оптики. – *Прим. перев*)

Время от времени Пьер Ферма озадачивал других математиков XVII века, рассылая им различные задачи, зачастую настолько сложные, что некоторые из адресатов (например, английские математики) часто считали его послания просто шуточными. Однако, насколько нам сейчас известно, о своей знаменитой теореме Ферма никому ничего не сообщал. Вся история теоремы началась с того, что он сделал на полях изданного в 1637 году латинского перевода математического древнегреческого трактата «Арифметика» Диофанта следующую запись: «Я нашел поистине чудесное доказательство этого утверждения, но за недостатком места не могу его привести здесь». Эта фраза стала одной из самых знаменитых в истории математики, хотя позднее историкам науки не удалось найти никаких следов общей формулировки теоремы или ее общего доказательства (если оно, конечно, действительно существовало). Задача стала известной лишь после того, как сын Ферма Клемент-Самуэль обнаружил запись на полях книги и включил ее в посмертное издание трудов своего отца.

Проблему удобнее всего описать, начав с теоремы Пифагора, которую большинство читателей должны помнить из школьного курса геометрии. Она названа в честь древнегреческого философа, сформулировавшего ее в VI веке до нашей эры, хотя, похоже, была известна еще 6 000 лет назад в древнем Вавилоне. В соответствии с ней, сумма квадратов катетов прямоугольного треугольника равна квадрату гипотенузы *(a2 + b2 = c)*. Поразительные открытия XX века опровергли множество ранее существовавших теорий в самых разных науках (физика, астрономия, геология и т. д.), но теорема Пифагора может быть отнесена к вечным, незыблемым истинам, и каждый может

проверить ее и вновь убедиться, что при указанных условиях *a2 + b2 = c2*. Тройки чисел, удовлетворяющих этому условию и выражающих эту геометрическую идею, в математике принято называть просто пифагоровыми числами. Читатель может запомнить простейшую комбинацию – если катеты прямоугольного треугольника равны 3 и 4, то длина его гипотенузы равна 5 (поскольку 32 + 42 = 9 + 16 = 25 = 52).

Мы знаем, что в математике и физике существуют и другие, более сложные виды геометрий, но и для них справедливы численные соотношения теоремы Пифагора. В теории чисел не имеют значения ни скорость движения космического аппарата, ни квантовая неопределенность в поведении электронов человеческого мозга, занятого решением этой задачи, так что независимо от всех физических обстоятельств и соображений соотношение *a + b2 = c* остается справедливым для некоторых комбинаций положительных целых чисел (такие числа называют натуральными).

По-видимому, размышляя о незыблемости этой великой теоремы, Ферма случайно задал себе простой и даже напрашивающийся вопрос: если математическое соотношение справедливо для квадратов некоторых натуральных чисел, то должно ли оно выполняться для кубов и/или более высоких степеней каких-либо чисел? Существует ли, например, комбинация вида *a9 + b9 = c9?* Другими словами, справедлива ли теорема Пифагора вообще, в виде *an + bn = cn* для некоторых комбинациё чисел при *n* › 2?

Нам остается лишь поверить, что юрист Ферма сразу вынес свой вердикт и нашел безапелляционный ответ *«Jamaisl».* Никогда! Никоим образом! Ни одно положительное целое число (от 3 до о о) не может быть показателем степени, образующим пифагоровы числа. Единственным доказательством этого утверждения остается пометка самого Ферма на полях книги: «Я нашел поистине чудесное доказательство…», но почти никто из математиков не верит в то, что Ферма действительно мог его получить. В течение нескольких десятков лет после упомянутой публикации нескольким выдающимся ученым удалось доказать теорему Ферму для некоторых групп натуральных чисел (иногда эти группы были весьма внушительны по объему), но общее доказательство, справедливое сразу для всех положительных целых чисел, оставалось недоступным, так что число самых талантливых математиков, вовлекаемых в странное и необычное соревнование, постоянно увеличивается.

Как и полагается легенде, теорема обрела собственную историю. Сам Ферма доказал справедливость теоремы только для

$n = 4$. Знаменитый математик, теолог и астроном Леонард Эйлер в начале XVIII века доказал теорему для $n = 3$, а уже к концу века удалось «покорить» числа $n = 5$ и $n = 7$. В начале XIX века молодая француженка Софи Жермен смогла доказать справедливость теоремы для всех натуральных чисел, меньших 100 (в соответствии с обычаями своего времени она пользовалась при переписке мужским псевдонимом). Драматическим обстоятельствам ее жизни и выдающегося математического таланта была посвящена еще одна связанная с теоремой Ферма «математическая» постановка на Бродвее, названная «Доказательство», которая даже удостоилась весьма почетной премии Дэвида Осборна.

Самые блестящие математики занимались теоремой Ферма в течение трех веков, но можно с уверенностью заявить, что никому из них не удалось обнаружить то гипотетическое доказательство, которое, возможно, мгновенно угадал Ферма, когда записал на полях книги свою фразу о «…поистине чудесном доказательстве».

Английский математик Эндрю Уайлс позднее вспоминал, как он в десятилетнем возрасте впервые познакомился с теоремой Ферма по книжке из сельской библиотеки: «…она казалась удивительно простой…, но в книге утверждалось, что ее никто не может доказать в течение 300 лет. Мне сразу захотелось найти решение». Проблема выглядит исключительно простой: поскольку число 2 ничем, собственно, не выделяется в бесконечном ряду других натуральных чисел, совершенно непонятно, почему только это значение может создавать пифагоровы триады чисел. Долгое время (включая и время, затраченное на серьезную академическую деятельность) жизнь не позволяла Уайлсу заняться доказательством полюбившейся теоремы постоянно и целенаправленно. Одна из причин, кстати, состояла в том, что ни один серьезный студент-математик не мог себе даже позволить открыто заявить коллегам об интересе к считавшейся давно недоказуемой теореме Ферма (представьте себе, как отнесутся сегодня астрофизики к аспиранту, который захочет доказать им, что красного смещения не существует). Поэтому Уайлс сначала весьма благоразумно защитил в Кембридже докторскую диссертацию на классическую тему «применение теории чисел для анализа эллиптических кривых», перебрался в Принстонский университет (США) и лишь затем объявил о своем желании всерьез заняться проблемами и задачами, связанными с теоремой Ферма.

Когда в XIX веке известный венгерский математик Янош Бойяи (1802-1860) решил посвятить свою деятельность проверке постулата Евклида о параллельных прямых, его отец (тоже

известный математик Фаркаш Бойяи) прислал сыну письмо с предостережением, которое давно вошло во многие книги по истории математики: «… Ради Бога, прекрати заниматься этой задачей,…она может занять тебя целиком, погубить здоровье, лишить мысленного покоя и жизненного счастья…». Опасности такого рода не испугали Уайлса в начале его исследований, а удача приходит, как известно, только к тем, кто рискует. Поэтому не стоит удивляться, что однажды в случайном разговоре с коллегой он узнал, что кто-то обнаружил связь между мучившей его с детства теоремой Ферма и одним из новейших математических открытий. Новость поразила и обрадовала Уайлса, который позднее написал: «…я вдруг почувствовал свое преимущество в том, что занимаюсь проблемой, которую все остальные либо игнорируют, либо считают неразрешимой». Дальнейшая история проблемы изложена в нескольких известных книгах (отметим лишь «Великую теорему Ферма» Саймона Сингха и «Последнюю теорему Ферма» Амира Д. Акцеля), где подробно описано, как профессор Принстон-ского университета «ушел в подполье», сумел за короткое время, буквально скрываясь от коллег, объединить целый ряд сложных математических результатов (до этого казавшихся всем разобщенными) и довести доказательство теоремы Ферма до блестящего конца. Позднее Уайлс так объяснял свое поведение: «…наличие многочисленных зрителей лишь отвлекает от работы, тем более что я давно знал, какой ажиотаж возникает при одном лишь упоминании теоремы Ферма».

***

Используя голливудский жаргон, можно сказать, что в 1954 г. два молодых японских математика Горо Симура и Ютака Таниама буквально «спелись» в библиотеке Токийского университета, заказав одновременно одну и ту же статью из немецкого математического журнала. Позднее они стали знаменитыми, разработав так называемую «гипотезу Таниямы-Симуры», а некоторая театральность и мелодраматичность их встречи позднее откликнулись трагической судьбой самого Таниямы (изящно сложенный и известный богемным поведением Таниама покончил с собой в 1958 г., вслед за самоубийством своей невесты).

Этим двум великолепным математикам удалось развить

теорию так называемых модулярных форм, т. е. некоторых симметричных объектов в четырехмерном пространстве-времени, открытых еще в XIX веке и имеющих самые разнообразные виды и размеры. Их нельзя изобразить или представить в привычном трехмерном пространстве, что, естественно, не мешает проведению тщательного математического описания. Такие формы могут быть представлены в виде «решеток», массивов или рядов, члены которых зависят от характеристических параметров, причемчисло последних может изменяться от нуля до бесконечности. Предложенных кратких и несложных объяснений читателю должно хватить для понимания общих результатов, которыми японские математики ошеломили всех своих коллег.

Гипотеза Таниямы-Симуры заключалась в том, что такие модулярные формы, представляющие собой, строго говоря, довольно редкий тип объектов, имеют отношение к одной из самых старых и тщательно изученных областей математики, а именно к теории эллиптических кривых, и описывают эти кривые уравнениями, с которых вот уже сотни лет студенты начинают изучение высшей математики. Не имея никаких доказательств и полагаясь в основном лишь на интуицию Таниямы, они предположили, что каждому набору эллиптических уравнений должен соответствовать, подобно отражению в зеркале, некий набор или ряд модулярных форм. Другими словами, каждая конкретная модулярная форма, заданная на комплексной плоскости в гиперболическом четырехмерном пространстве, содержит в себе набор всех решений какой-то конкретной системы эллиптических уравнений.

Из этого логически вытекало, что любое эллиптическое уравнение должно входить в состав какой-то модулярной формы, в противном случае уравнение не имело бы права на существование. Честно говоря, математическая общественность встретила гипотезу с удивлением, недоумением и явной подозрительностью. Интуитивно казалось, что это предположение, названное позднее предположением Таниямы-Вейля-Симуры, вследствие разгоревшейся дискуссии о приоритете, действительно может стать ключом к доказательству теоремы Ферма, однако долгое время никому не удавалось доказать само утверждение и связать его строгим образом с теоремой. Ситуация изменилась лишь в 1984 г., когда немецкому математику Герхарду Фрею удалось найти преобразование любой тройки пифагоровых чисел в соответствующее эллиптическое уравнение. При этом Фрей полагал, что теорема Ферма является неверной, т. е. полученное Фреем уравнение было прямо противоположно по смыслу утверждению Ферма. Если это

эллиптическое уравнение было точным, то ему, по идее Таниямы-Симуры, должна была соответствовать некоторая модулярная форма, что и опровергало теорему Ферма (разумеется, при условии справедливости самой гипотезы японских математиков!). Именно это рассуждение вызывало интерес Уайлса и позволило ему связать воедино все результаты.

Для удобства читателя мы перечислим основные положения. Ферма утверждал, что не существует чисел $n \rangle 2$, образующих пифагоровы тройки чисел, и он может доказать это каким-то удивительно простым способом. Японский математический дуэт предположил, что каждому эллиптическому уравнению соответствует эквивалентная модулярная форма. Фрей, считая теорему Ферма неверной, т. е. допуская наличие чисел $n \rangle 2$, образующих пифагоровы триады, получил некое эллиптическое уравнение и эквивалентную ему модулярную форму. Таким образом, проблема сводилась к оценке и проверке полученного эллиптического уравнения, которому соответствовала так называемая кривая Фрея.

К этому моменту в дискуссию по поводу теоремы Ферма неожиданно подключился математик Кен Рибет. По иронии судьбы, именно он когда-то упомянул в разговоре с Уайлсом работу Фрея. До этого Рибет не воспринимал результаты Фрея серьезно и, более того, вообще относился к теореме Ферма без уважения, считая, что ее доказательство «не имеет никакого реального значения». Однако после 1985 г. он тоже «заразился» этой проблемой, сумел детально проанализировать странную кривую, полученную Фреем, и уже в 1987 г. доказал, что соответствующее эллиптическое уравнение в действительности не являлось модулярным. Таким образом, вновь возникла исходная ситуация – если гипотеза японских математиков корректна, то теорема Ферма также справедлива. Для полноты картины отметим, что в доказательствах и спорах участвовало множество дополнительных персонажей, а выкладки на каждом этапе занимали сотни страниц, заполненных сложнейшими формулами. Однако все это еще не позволяло ученым опровергнуть, найти или просто приблизиться к решению, которое когда-то нашел (если это действительно имело место) великий математик-любитель Ферма.

***

Узнав о работах Рибета, Уайлс включился в «гонку» весьма серьезно и посвятил этой задаче следующие шесть лет своей жизни. Вскоре ему стало ясно, что предположение Таниямы-Симуры является недостаточно корректным, и на самом деле модулярными являются не все эллиптические уравнения и кривые, а лишь некоторые их наборы. Однако проблема продолжала казаться неразрешимой, несмотря на множество блестящих новых достижений как самого Уайлса, так и других математиков.

В 1993 г. Уайлс взял в сотрудники еще одного специалиста по теории чисел из Принстона, славящегося своей надежностью в работе и молчаливостью Ника Каца (про таких людей Линдон Джонсон сказал когда-то свою знаменитую фразу о друзьях, с которыми «не страшно отправиться даже в преисподнюю!»). Выбор объяснялся тем, что Уайлс, почувствовав возможность успеха, начал тщательно скрывать от всех свою увлеченность теоремой Ферма. Позднее, ближе к концу исследований (но на тех же условиях полной конспирации), к ним присоединился еще один коллега. Ради справедливости следует особо отметить, что Уайлс работал в одиночку, пользуясь лишь собственной интуицией, а помощники требовались ему лишь для проверки результатов и технических заданий.

Случайная публикация в математическом журнале навела Уайлса на мысль, что доказательство модулярности эллиптических кривых может быть обобщено на некоторые другие классы кривых, что сразу позволило ему объединить в единое целое множество уравнений и утверждений, связанных с гипотезой Таниямы-Симуры и с теоремой Ферма, в конечном счете. Уайлс показал, что существование кривой Фрея в ее исходном варианте не противоречит теореме Ферма и ее можно включить в класс эллиптических уравнений, обладающих модулярной формой (напомним, что именно невозможность существования кривой Фрея служила опровержением теоремы Ферма). Для выписывания всех относящихся к делу выкладок Уайлсу понадобилось около 200 страниц, но он мог считать свою задачу выполненной. Позднее он писал, что «доказательство последней теоремы вызвало грустное чувство, так как многие из нас уже привыкли к существованию проблемы и рассматривали ее решение скорее в качестве несбыточной мечты, чем конкретной цели».

Триумф Уайлса, состоявшийся в июне 1993 г., когда о нем сообщали броские газетные заголовки и ведущие информационные агентства всего мира, был омрачен целым рядом обстоятельств. Прежде всего само доказательство

оказалось столь сложным и долгим, что потребовало серии трехдневных лекций на семинаре в Кембриджском университете (штат Массачусетс). Число слушателей возросло от нескольких десятков на первой лекции до битком забитого зала на последней, поскольку математикам вскоре стало ясно, что хочет доказать докладчик. Терпение слушателей было вознаграждено, так как лысый, очкастый сорокалетний математик закончил свое многодневное выступление фразой, похожей на финал бетховенской симфонии: «Это утверждение означает доказательство справедливости последней теоремы Ферма, и на этом я заканчиваю свое выступление». Несколько дней подряд выпуски теленовостей демонстрировали сцену напряженного молчания зала и последовавшую за ней бурю оваций.

К огромному сожалению Уайлса, торжество длилось всего несколько месяцев, после чего ему оставалось лишь воскликнуть, подобно Юлию Цезарю, известную фразу: «И ты, Брут?». Его верный друг и соратник Марк Кац, который лично занимался тщательной проверкой всех выкладок, вдруг обнаружил в расчетах грубую ошибку, что стало сигналом для начала травли и критики со стороны многих других видных математиков (по законам театра, это можно рассматривать как второй акт драмы). Оказалось, что Уайлс ошибся и не «загнал» в свое доказательство все мыслимые эллиптические уравнения, которые могут быть связаны с теоремой Ферма и предположением Таниямы-Симуры. Естественно, это было тяжелым ударом для Уайлса, который вновь стал отшельником, поддерживавшим связь с большинством людей только по электронной почте. В результате напряженной работы ему удалось через некоторое время исправить злосчастную ошибку (читатель не должен упрощенно понимать ситуацию, поскольку работы Уайлса относятся к столь сложным проблемам, что понять и оценить их могут лишь несколько ведущих математиков мира). Окончательное доказательство теоремы было опубликовано в мае 1995 года без всякой помпы в виде скромной статьи в специальном журнале. В последнем акте Уайлс оказался победителем и сейчас по справедливости входит в руководство Комиссии известного конкурса «Задачи тысячелетия», которая предлагает призы в миллион долларов за решение любой задачи из списка семи классических проблем математики.

Рассказ о теореме Ферма можно завершить следующими двумя комментариями. Во-первых, подчеркнем еще раз, что Уайлс решил задачу XVII века, пользуясь методами, результатами и целыми разделами математики следующих столетий (кстати, сам Уайлс откровенно называл свое решение доказательством XX

века), так что практически невозможно представить, что рассуждения самого Ферма хоть в чем-то напоминали аргументы Уайлса, Таниямы, Фрея или Рибета. Мы знаем лишь то, что Ферма оказался прав, но никогда не узнаем, по-видимому, существовало ли его доказательство в действительности и насколько оно было точным. Во-вторых, проблема поиска доказательств теоремы Ферма не является особо важной для развития и истории самой математики вообще. Уайлс всего лишь получил решение весьма конкретной задачи из области теории чисел и подтвердил незыблемость и силу законов абстрактной логики.

Курт Гёдель

Между тем, в начале XX века одному блестящему молодому ученому (его, по-видимому, можно назвать последним истинным гением в истории математики) удалось почти небрежно сделать сверхценное открытие, которое буквально повергло в шок не только математиков и философов, но и специалистов всех наук, связанных с интеллектуальной деятельностью. Открытие оказалось настолько важным и поразительным, что в него осмелились поверить лишь очень немногие ученые, обладающие высокорациональным и смелым складом ума.

Дело в том, что Курт Гёдель сумел доказать, что никакое человеческое знание не может быть сформулировано в какой-либо понятной, полной и непротиворечивой форме! К нему почти с полным правом может быть применена характеристика, которую

когда-то литературный критик Джон Джей Чепмен дал творчеству великого поэта Ральфа Уолдо Эмерсона: «Великие люди часто вступают в конфликт со своим временем, опровергая его законы и доказывая их лживость».

В 1931 г., когда Австрия и ее столица Вена уже жили в тревожном ожидании фашизма, 25-летний Курт Гёдель сумел показать, что в научных и математических доказательствах всегда реально существуют «провалы» и «белые пятна». Задолго до этого многие философы и лингвисты (к их числу следует отнести, прежде всего, великого Людвига Виттген-штейна) чувствовали и пытались угадать или определить законы, ограничивающие способность человеческого языка описывать реальность, однако именно Гёделю удалось большее – он сумел показать, что такие ограничения существуют и внутри языка самой математики.

По складу характера Гёдель относился к тем, кого называют «не от мира сего». С ранней юности он отличался ипохондрией, чудаковатостью и нестандартностью поведения. Например, шокируя добропорядочную буржуазную семью, Гёдель женился на своей давнишней подруге Адель, которая не только уже была замужем, но и работала танцовщицей в ночном клубе. Некую странность более высокого порядка можно усмотреть и в том, что Гёдель, приступая к своей главной работе, стремился найти основы математики, а вовсе не обрушить их. Исследования логики привели его к отрицанию логики.

Еще в XIX веке математику сотрясали драматические события, когда под сомнение были взяты аксиомы евклидовой геометрии, казавшейся совершенно незыблемой и бесспорной (по учебнику Евклида человечество изучало геометрию около 2000 лет подряд, начиная с античности). Каждый из нас со школьных лет помнит, что параллельные прямые никогда не пересекаются и могут быть продолжены до бесконечности. В более строгой форме эта аксиома Евклида утверждает, что «через точку, не принадлежащую прямой, но лежащую в одной плоскости с ней, можно провести лишь одну прямую, параллельную первой». Мы говорим, естественно, об абстрактных геометрических понятиях и поэтому совершенно не касаемся проблем, связанных с истинной природой пространства-времени или другими физическими теориями.

Математики XIX века обобщили принципы геометрии и многое изменили в нашем восприятии, в результате чего стало возможным проведение нескольких параллельных прямых через одну точку, слияние этих прямых на бесконечности и многие другие, ранее немыслимые операции. Иными словами, в новой геометрии параллельные прямые просто перестали существовать.

Однако можно вспомнить, что геометрия Евклида имеет не только практическое значение, но связана и с так называемым «здравым смыслом», поскольку она создает некую последовательную, непротиворечивую и самосогласованную (эти определения являются исключительно важными для логического анализа) систему понятий. Особо следует отметить, что теоремы всех пяти томов курса геометрии Евклида не содержат ни одного противоречивого утверждения. Проблема для математики, в самом общем смысле, заключалась в том, что так называемые неевклидовы геометрии (независимо от их практической и познавательной ценности) также являются самосогласованными системами, что чрезвычайно удивляло и раздражало всех ученых с математическим складом ума. Действительно, представлялось поразительным, что явно бессмысленные построения могут быть сведены в логически безупречную и самосогласованную систему доказательств!

Пытаясь разобраться в возникшей ситуации, многие ведущие математики вдруг задумались о проблемах и судьбе своей родной науки, и это беспокойство прекрасно передает высказывание одного из крупнейших немецких специалистов начала XX века: «Логика является гигиеной математической науки, позволяющей сохранять ее идеи здоровыми и сильными». Можно ли было ожидать, что математика в целом окажется столь же увечной и беззащитной, как геометрия?

Читатель может догадаться, что после работ Гёделя ответ оказался неутешительным для математики!

***

Возвращаясь к мыслителям и философам Древней Греции, напомним, что Аристотель создал дедуктивную логику в форме силлогизмов, т. е. утверждений типа: если все x имеют свойство y, а некое z относится к x, то z также обладает свойством;;. Один из самых известных силлогизмов применительно конкретно к Гёделю можно сформулировать в виде:

Все люди смертны *(первая посылка)*.

Гёдель – человек *(вторая посылка)*.

Гёдель – умрет *(вывод)*.

(Российский читатель может вспомнить, что в повести Л. Н. Толстого «Смерть Ивана Ильича» с воспоминания об этом силлогизме главный герой начинает осознавать неотвратимость

собственной смерти и размышлять о смысле жизни. – Прим. Перев*)*

Большинство людей рассуждают именно так, даже не вдумываясь в тонкости логики, что и является основой здравого смысла. Мы все понимаем, что логические размышления позволяют получать правильные выводы из правильных посылок, однако следует напомнить, что те же древние греки обнаружили один существенный недостаток дедуктивной логики, а именно: она «буксует» в некоторых довольно простых ситуациях (этот дефект является малозаметным и безвредным в обыденной речевой практике). Древнегреческие философы сформулировали и один из самых известных парадоксов такого типа: «Эпименид утверждает, что критяне лжецы». Фокус этой простой фразы состоял в том, что Эпименид сам был критянином, так что,если он прав, то критяне лгут и, следовательно, он… говорит правду и т. д. Не стоит ломать голову над этим высказыванием, поскольку оно действительно не может быть проанализировано логически. Другой, более современный вариант этого же парадокса выглядит следующим образом: «Назовем деревенским парикмахером человека, бреющего тех жителей деревни, которые не бреются сами. Кто бреет самого парикмахера?».

Знаменитый английский математик и философ Бертран Рассел (известный, кстати, своими чудачествами) долгое время занимался такими парадоксами и даже придумал им интересную форму, предложив написать на двух сторонах одного листа бумаги следующую фразу: «Утверждение, написанное на обороте этого листа, ошибочно» (лист бумаги с таким утверждением на обоеих сторонах можно переворачивать бесконечно). Позднее Рассел писал в автобиографии: «…конечно, взрослому человеку не стоило тратить время на такие тривиальные шутки, но что мне оставалось делать?» Рассел стремился продемонстрировать, что некоторые, весьма простые утверждения не могут быть оценены с точки зрения формальной логики.

В 1900 г. великий немецкий математик Давид Гильберт опубликовал обращение к коллегам, где перечислил 23 проблемы, от решения которых, по его мнению, зависело все будущее развитие этой науки. Основная и принципиальная позиция Гильберта сводилась к тому, что математика должна быть исчерпывающей (т. е. способной ответить на все связанные с ней вопросы) и внутренне согласованной наукой (т. е. в ней не должно быть утверждений, на которые можно одновременно дать и положительный, и отрицательный ответы). Упомянутые Расселом «тривиальные шутки» приводят нас к той же проблеме:

можно ли утверждать, что математические рассуждения являются полностью и всегда справедливыми? В математике нет места никаким лжецам-критянам с их двусмысленными загадками, допускающими неоднозначные или странные ответы.

Гильберт выразил эту идею с предельной ясностью и четкостью: каждая конкретная математическая задача должна иметь ясное решение, которое должно содержать либо точный ответ на поставленный вопрос, либо строгое доказательство невозможности получения такого ответа». Иными словами, если несколько аксиом объединены в некую формальную математическую систему, то такая система обязана быть согласованной (в противном случае она теряет логический смысл).

Гильберта, разумеется, весьма беспокоила проблема возникновения «новых», странных геометрий (он включил ее в свой список под вторым номером), однако в целом великий математик был настроен достаточно оптимистично и разделял естественную для большинства людей уверенность в том, что на каждый математический вопрос рано или поздно может и должен быть получен четкий (положительный или отрицательный) ответ, независимо от степени сложности вопроса и связанных с ним разногласий.

Именно это кажущееся почти очевидным утверждение опроверг Гёдель своей так называемой «теоремой о неполноте» в статье под названием «О формально неразрешимых утверждениях Оснований математики и родственных систем». Позднее Пол Хоффман напишет в известной книге «Человек, который любил только числа. Математик Поль Эрдёш» о работе Гёделя следующий комментарий: «По предложенной Рихтером шкале значимости математических открытий Гёдель, безусловно, заслуживает самого высшего, десятого балла!».

Кстати, древнегреческий парадокс об уроженцах Крита (в математике и логике его называют парадоксом лжеца) можно упростить и выразить заявлением «Это утверждение неверно!», которое даже в этой сверхкраткой форме продолжает сохранять неразрешимое внутреннее противоречие. Сам Гёдель слегка изменил классическую фразу, придав ей более изящную и тонкую форму: «Это утверждение недоказуемо!» (если оно доказуемо, то не является истинным, и обратно, и т. д.).

Пользуясь медицинской терминологией, можно сказать, что Гёдель использовал в качестве скальпеля для вскрытия аксиоматики теории множеств так называемое «арифметическое утверждение G» (означающее в переводе на обычный, нематематический язык, что некоторое утверждение является

недоказуемым) в сочетании с приемом его отображения. Гёдель перевел G-утверждения на язык арифметики и получил следующий замечательный результат: любая согласованная формальная математическая система, включающая в себя все правила арифметики, содержит в себе математический эквивалент G-утверждения и, следовательно, является несогласованной, т. е. в ней существуют утверждения, которые одновременно невозможно доказать или опровергнуть данным набором правил. Это открытие было сформулировано им в виде двух «теорем о неразрешимости», имеющих следующий вид:

1. Если аксиоматическая теория множеств является согласованной, то в ней существуют теоремы, которые нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

2. Не существует конструктивной процедуры, позволяющей доказать согласованность аксиоматической теории множеств.

Естественно, что используемый для доказательства математический аппарат был достаточно сложным, однако полученные результаты были точными и проверяемыми. Более того, Гёдель показал, что если в какую-либо арифметическую систему вводятся некие новые идеи, позволяющие сделать G-утверждения доказуемыми, то в новой, расширенной системе вновь возникнут новые, свои собственные G-утверждения!

Кроме того, Гёдель придал концепции «согласованной арифметической системы» точную математическую форму и показал, что ее нельзя строго обосновать, т. е. каждая такая система будет включать в себя некоторые истинные высказывания, которые не могут быть доказаны, и, следовательно, каждая такая система будет неполной.

***

Гильберт *утверждал,* что в его науке нет места неопределенности и «каждая математическая задача может быть решена чисто математическими приемами и рассуждениями… поскольку в математике нет места неясности, *ignorabimus».* Гёдель *доказал,* что Гильберт ошибался и ни одна, даже самая сложная математическая система не может быть согласованной. Математика оказалась гораздо сложнее языка, используемого для ее описания, точно так же, как человеческие опыт и жизнь постоянно оказываются более сложными и неоднозначными, чем языки, используемые людьми для их описания.

Один из крупнейших специалистов в теории чисел, Герман Вейль когда-то остроумно заметил, что «…Бог существует, поскольку математика явно непротиворечива, но существует и дьявол, поскольку мы не можем доказать эту непротиворечивость». Гильберт был даже более последовательным и завещал, чтобы на его могильной плите было написано: «Мы должны знать и мы обретем знание».

Открытие Гёделя стало для абстрактной математики столь же волнующим, необычным и притягательным событием, как формулировка Гейзенбергом принципа неопределенности для квантовых частиц. На жизнь обычных людей это открытие не оказывает почти никакого воздействия хотя бы потому, что человек не способен выделять в речи «неопределенные» утверждения, играющие основную роль в построениях Гёделя, так что их использование остается редким и малоосмысленным в обыденной жизни.(В качестве примера можно привести популярное выражение «Нет правил без исключений». Это утверждение, примененное к самому себе, означает, что должно существовать хотя бы одно «исключительное» правило, не допускающее никаких исключений и т. д. – Прим. перев)

Один плюс один всегда равняется двум, независимо от того, как люди осуществляют эту арифметическую операцию (школьник у доски, ученый с компьютером и т. п.). В этом отношении открытие Гёделя может казаться даже просто ненужным или неуместным, так что неудивительно, что даже многие профессиональные математики, искренне восхищаясь интеллектуальной мощью и концептуальной новизной теорем Гёделя, спокойно относят их скорее к философии, чем к чистой математике. Например, в известной книге «Инструменты разума» *{Mind Tools)* Руди Ра-кер с иронией пишет, что теоремы о неполноте «…являются частной собственностью узкого круга специалистов по математической логике, многие из которых не допускают и мысли о том, что эти теоремы могут быть как-то связаны с реальным миром».

Впрочем, последнее утверждение можно считать явным преувеличением с тех пор, как в 1963 г. молодой профессор Станфордского университета Пол Коэн сообщил Гёделю, что он нашел доказательство «вечной неразрешимости» нескольких важных математических проблем, среди которых, кстати, была и одна задача из упоминавшегося выше списка 23 проблем великого Гильберта, умершего еще в 1930 году.

Гёдель прожил долгую и очень тяжелую (по обычным представлениям) жизнь. Он продолжал плодотворно работать, но теорема о неполноте так и осталась его самым блестящим

достижением. После оккупации Австрии нацистами он перебрался в США, где работал в Принстонском институте перспективных исследований. В 1940 г. он стал гражданином США, устроив при этом бурную полемику о возможности установления диктатуры в Соединенных Штатах. С годами поведение Гёделя становилось все более неадекватным, что некоторые из его знакомых объясняли просто потерей уверенности в творческих способностях. Гёдель избегал общества коллег и знакомых (единственное исключение составлял Эйнштейн, с которым он обычно прогуливался по пути на работу), жил затворником и общался с людьми только по телефону. Иногда у него начинались приступы мании преследования (Гёдель боялся, что его хотят отравить), и тогда Адель приходилось кормить его с ложечки. Так странно завершился жизненный путь великого человека, который всегда считал себя реалистом, а в молодости дерзко пытался доказать существование Бога математически. Когда Адель поместили в профилакторий после операции и Гёдель остался один, он вообще перестал принимать пищу и умер 14 января 1978 г. фактически от голода в возрасте 71 года.

Сам Гёдель наверняка не стал бы считать свою смерть ужасной или бессмысленной, так как всегда был твердо уверен и настойчиво убеждал окружающих, что все процессы в жизни, науке и даже (буквально!) во Вселенной тесно взаимосвязаны и осмыслены. Психологически интересно, что такими философскими взглядами и твердой верой в причинно-следственную связь обладал именно человек, обнаруживший серьезные неопределенности в самых глубинных основах математики. Несмотря на то, что его открытия явно ограничивали границы человеческого познания, Гёдель был убежден в непрерывном росте разума, а кажущуюся бессмысленность обыденной жизни объяснял тем, что она является лишь подготовкой к иным формам существования (впрочем, после его смерти не удалось обнаружить никаких свидетельств целенаправленной подготовки к такому существованию).

Глава 7

Мендель, Уотсон, Крик и геном человека

Большая часть этой главы посвящена Грегору Менделю, еще одному знаменитому ученому-любителю, чьи работы остались непрочитанными и непонятыми при его жизни, хотя, в отличие от записей Ферма, не содержали в себе никакой загадочности. Мендель сумел в скромном монастырском саду родного города Брно где, кстати, родился и Гёдель, на самых обычных растениях обнаружить важнейшие закономерности, благодаря которым живые организмы передают свои наследственные черты и тем самым сохраняют себя и свое потомство в качестве отдельного биологического вида или, если угодно, в качестве особой формы жизни.

Два взаимосвязанных открытия – обнаружение Менделем закономерностей передачи наследственности в конце XIX века и определение структуры ДНК Уотсоном и Криком в середине XX – касаются самих основ человеческого существования и заставляют задуматься о таких фундаментальных понятиях, как структура личности, свобода воли и личная ответственность. Ведь индивидуальность человека принципиально отличается от индивидуальности многих других природных объектов. Известно, например, что каждая отдельная снежинка тоже обладает собственной, неповторимой структурой, однако каждый человек представляет собой огромное скопление атомов и молекул, созданное по весьма сложным «чертежам» механизма наследственности. Помимо этого, серьезная проблема заключается в том, что эти чертежи немыслимое число раз копировались и корректировались в процессе эволюции, так что в них содержится сейчас большое число ошибок или «опечаток».

Мы признаем, что человеческая личность представляет собой некую устойчивую и постоянную сущность, но что, собственно, лежит в основе этой устойчивости и в чем заключаются смысл или предназначение этого постоянства? Еще в древнегреческих

трагедиях отмечалось, что «характер – это судьба», а мы можем считать, что судьба определяется наследственностью. Естественно, что людей беспокоит не столько предрасположенность к болезням тела, сколько «ночной страх» перед безумием и душевными расстройствами. Мысль о связи нашей «сущности» с наследственной ДНК сыграла очень важную роль в развитии интенсивных исследований в генетике конца XX века.

В настоящее время считается установленным, что наши предки были когда-то бродячими охотниками и собирателями, которые примерно 10-12 тысяч лет назад перешли к оседлой жизни и земледелию сразу в нескольких подходящих местах планеты, в результате чего стали развиваться культурные навыки, методы рационального хозяйствования и т.п. Некоторые разрозненные сведения об интересе к наследованию признаков можно найти в 30-й главе библейской Книги Бытия, где рассказывается известная всем история об Иакове и Лаване (отношения между которыми можно в шутку сравнить с диалогами между автором книги и издателем), а также о пятнистых овцах и козах. Лаван, жуликоватый, подобно всем издателям, предлагает своему зятю Иакову взять всех ягнят и козлят из будущего приплода с такими признаками, оставляя себе только белых и черных животных. Иаков, готовый к риску, как и полагается писателю, соглашается, но восстанавливает справедливость, пользуясь хитрой комбинацией фольклора и примитивных методов селективного животноводства. Догадываясь, что более сильные козы и овцы дадут более сильное потомство, он показывал этим животным прутья с полосками, что и привело к рождению потомства с требуемыми признаками. Демонстрация овцам черно-белых прутьев может быть отнесена к фольклору (этот мотив иногда используется в сказках), в то время как получение сильного потомства от сильных родителей явно может быть отнесено к примитивному приему древней селекции. Более слабые овцы, которым полосок не показывали, дали менее ценное, но чисто белое потомство, которое и стало собственностью Лавана. Вся эта история свидетельствует об отсутствии серьезных биологических знаний у богов и людей в древней Мессопотамии.

По иронии судьбы, через несколько тысячелетий именно пастор, знаток Библии первым попытался объяснить ученым-коллегам те простые законы наследования признаков, которые когда-то уже заметили древние пастухи, но его никто не захотел услышать и понять. Этим человеком оказался Грегор Мендель, получивший образование сын крестьянина из Северной Моравии,

который, выращивая фрукты и овощи в монастырском саду, сумел впервые методически правильно проанализировать закономерности, незамеченные многими поколениями садоводов и селекционеров.

Личная и научная судьба Менделя была очень сложной. Из-за несчастного случая его отец стал инвалидом, и семейная ферма пришла в упадок, так что образование мальчик получил лишь благодаря местному монастырю Ордена Августинцев. Несмотря на математическую одаренность и общительный характер, Менделя справедливо считали типичным неудачником: ему не удалось сдать экзамены на звание преподавателя естественных наук, карьера приходского священника не складывалась и т. д. В 1856 г. 34-летний монах начал экспериментировать с семенами нескольких сортов обычного гороха в монастырском саду, в течение нескольких лет тщательно анализируя признаки получаемых семян. Уже к 1864 г. собранный им статистический материал оказался достаточным для выработки основных положений современной генетики.

Образно говоря, Мендель сделал «следующий шаг» после очевидных всем наблюдений и заключений. Будучи сыном фермера, он понимал, что не стоит изучать наследственность плодовых деревьев, потомство которых изменяется простой прививкой других сортов. Он знал о совместимости различных сортов гороха, поэтому просто отобрал в исходный посевной материал семена с семью различными признаками и начал скрещивать их друг с другом. Например, высадив белые и серые семена, он получил в первом поколении, как и следовало ожидать на основе многовекового опыта, только гибриды с одним из признаков (серые семена), т. е. у потомства не только исчезал «белый» признак, но и отсутствовали все промежуточные формы (в урожае не было, например, светло-серых горошин). Аналогичный результат он получил для всех остальных изучаемых признаков.

Однако результаты исследования следующих поколений гороха заставляют вспомнить массу анекдотов, описывающих сценки в родильных домах, когда отец судивлением, восхищением или ужасом впервые видит своего ребенка. На бытовом уровне давно известно, что многие черты и особенности передаются через поколение. Вспомните, как влюбленным девушкам часто советуют «приглядеться» к родителям своего жениха и подумать о будущих детях. Вглядываясь в выцветшую групповую фотографию молодых парней, многие из нас вдруг угадывают в одном из них дедушку своего знакомого, потому что узнают черты лица и даже манеру улыбаться.

Именно такую передачу наследственности «через поколение» наблюдал и смог математически точно оценить Мендель для всех изученных им признаков (высокие и низкие стебли, сморщенные и гладкие семена и т. п.). Например, при скрещивании сортов гороха с высокими и низкими стеблями растения во втором поколении были только высокими, но в третьем высокими оставались лишь 3/4 образцов, а у 1/4 вновь появлялся ранее подавленный признак низкорослости. Другими словами, если наследуемые признаки неодинаковы, то в первом поколении гибридов проявляется только один (так называемый доминантный или преобладающий признак), а другой (рецессивный или подавляемый) признак остается как бы скрытым или «спрятанным». В следующем поколении признаки распределяются в пропорции 3:1 (на основе тщательных подсчетов тысяч семян сам Мендель получил пропорцию 2,98:1).

Эти наблюдения позволили ему сформулировать простой, но весьма важный и вовсе не очевидный закон передачи наследственных признаков. До этого считалось (и такая точка зрения представляется как раз естественной и понятной), что генетические признаки родителей каким-то образом смешиваются и сливаются, подобно распространенным в быту растворам разных жидкостей. В противном случае, оставалось непонятным, как два разных существа могут практически мгновенно создать новое существо с общими признаками. Великое открытие Менделя состояло не столько в том, что он обнаружил проявление скрытого признака через поколение, а в том, что он понял и осознал наличие скрытой передачи отдельного признака в единой и неизменной форме. Мендель понял, что признаки не смешиваются и не сливаются, а представляют собой некие маленькие, невидимые и неделимые образования, своеобразные «атомы» наследственности, которые мы сегодня называем генами. Образно говоря, в биологии возникла своя «атомарная» теория наследственности. Очень простые организмы, естественно, имеют очень мало генов, например вирус обладает всего лишь десятком генов (простота не означает биологической незначительности, поскольку такой вирус может убить население целых стран). Плодовая мушка дрозофила, ставшая, благодаря своей исключительной плодовистости, основным и чуть ли не центральным объектом биологических исследований всего XX века, имеет около 10 тысяч генов. Раньше биологи считали, что человек должен обладать более чем сотней тысяч генов, причем уверенность в этом была столь сильна, что многие биотехнологические фирмы и исследовательские компании даже уверяли инвесторов, клиентов и общественность в умении

реально работать с сотнями тысяч генов. В 2001 г. к удивлению многих ученых, было строго показано, что каждый из нас имеет лишь около 40 тысяч генов. Количество признаков и соответствующих им факторов казалось настолько большим (Мендель предполагал некие варианты «смешения»), что и реальный механизм передачи наследственности оказался значительно более сложным.

Мендель установил, что любой наследственный признак складывается из двух разных элементов или единиц наследственности, получаемых организмом от половых клеток двух родителей. Еще важнее то, что он сумел обнаружить и доказать, что из двух элементов наследственности один всегда оказывается более сильным (доминантным), а другой - подавляемым (рецессивным), что и соответствует постоянному значению получаемого им соотношения 3:1. Выяснилось также, что это соотношение между элементами конкретной пары признаков не зависит от передачи всех остальных признаков.

Мендель был абсолютно прав и писал очень ясные и точные по содержанию статьи, которые по разным причинам оставались незамеченными и забытыми вплоть до 1900 г., когда их «обнаружили», перепроверили и очень высоко оценили маститые ученые. К сожалению, это произошло через 16 лет после смерти Менделя. Особый интерес биологов к модели Менделя был обусловлен тем, что она могла свидетельствовать как в пользу дарвиновской теории естественного отбора, так и против нее, и лишь через несколько лет стало окончательно ясно, что она в какой-то мере подтверждает и укрепляет теорию Дарвина. Об этом следует вспомнить сейчас особо, в связи с новой «вспышкой» споров о природе эволюции. Например, в 2000 г. опрос населения США продемонстрировал, что 60% респондентов считают идеи антидарвинистов (так называемых «креационистов») достойными преподавания в школах, наряду с теорией эволюции.

Возможно, столь долгие дискуссии вокруг дарвиновской теории показались бы Менделю забавными или удивительными. Остаток его жизни оказался довольно грустным и неинтересным. В 1868 г. он стал аббатом своего монастыря и с тех пор забросил научные занятия, отдавшись административным и финансовым заботам. У Менделя не было профессионального окружения коллег и единомышленников, способных понять и оценить значимость выдвигаемых им идей (в таком блестящем окружении работали Хаббл, Эйнштейн, Бор, создатели теории Большого взрыва и многие другие), так что ему пришлось разделить судьбу аутсайдеров науки, великих ученых-любителей типа Вегенера и Ферма. Вы спросите, может ли его биография и посмертная слава

служить утешением или надеждой для чудаков- одиночек, которых всегда было полным-полно в истории науки? По-видимому, на этот вопрос следует дать отрицательный ответ, поскольку великие озарения этого одинокого монаха позднее все равно пришлось проверять и уточнять. Вот уже около ста лет серьезная наука реализуется в крупных лабораториях со сложным оборудованием. Современные исследования немыслимы без солидного финансового обеспечения и поддержки со стороны правительства, исследовательских центров и большого бизнеса. В наши дни доказательство и проверка даже кажущихся простыми теоретических озарений великих ученых требуют длительных усилий больших научно-технических коллективов, оснащенных дорогостоящей и высокоспециализированной аппаратурой.

***

Просматривая одну из последних книг по астрономии при подготовке предыдущих глав этой книги, я вдруг заметил, что одно важное соотношение записывается и трактуется по-разному в разных разделах книги. Заинтересовавшись этим обстоятельством, я обратился к знакомому физику, который и объяснил мне, что автор, известный специалист в своей области, действительно, объединил в единую книгу разделы, написанные несколькими его аспирантами, а позднее просто не удосужился отредактировать текст и убрать разночтения. Система использования многочисленной команды для решения сложных и масштабных задач является, в сущности, традиционной для истории науки. Здесь следует особо отметить одного из самых известных «эксплуататоров», а именно профессора Колумбийского университета Томаса Ханта Моргана, который в начале XX века сумел привлечь большую группу молодых талантливых ученых для проведения системного исследования механизма передачи наследственных признаков.

Начиная с 1907 г., возглавляемая Морганом команда изучала передачу наследственных признаков у плодовой мушки *Drosophila melanogaster,* ставшей в дальнейшем излюбленной живой моделью биологов из-за быстроты размножения и плодовитости. Дрозофила способна породить 200-300 особей за двухнедельный жизненный цикл, что позволяет изучить в течение года передачу признаков у 24 поколений. Еще за четыре года до этого биологи установили, что передача наследственных признаков каким-то

образом связана с хромосомами, представляющими собой стержневидные структуры из белков и нуклеиновых кислот. Хромосомы обязательно объединяются попарно и расположены в ядрах всех клеток живого организма, причем пара формируется из двух отдельных хромосом (по одной от каждого родителя), каждая из которых несет в себе полный набор наследственной информации от конкретного родителя, в результате чего каждый из них передает в клетку половину своего генетического наследства.

Плодовая мушка отличается не только скоростью размножения, но и удивительной простотой генетической информации, поскольку ее клетки содержат только четыре пары хромосом. Прослеживая передачу конкретных признаков во многих поколениях, удалось быстро и убедительно доказать, что во всех случаях соотношение доминантных и рецессивных признаков прекрасно согласуется с законом 3:1 в полном соответствии с законом Менделя. Более того, биологам удалось даже полностью расшифровать записанную в хромосомах дрозофилы информацию, т. е. связать ее с конкретными характеристиками. Это сделало плодовую мушку уникальным объектом генетических исследований, так как она стала одним из немногих видов живых существ на планете, для которого точно известен полный набор генов, т. е. наследственных факторов или элементов Менделя. Образно говоря, этот набор можно назвать правилами, которые «указывают» клеткам будущей плодовой мушки способы и методы их превращения во взрослую, полноценную плодовую мушку.

В строгих и четко организованных экспериментах сотрудников Моргана были обнаружены новые, неожиданные закономерности передачи наследственных признаков. Так, например, практически в каждом опыте по непонятным причинам появлялись и дрозофилы с удивительными признаками, отсутствующими у обоих родителей, что сперва пытались объяснить (в полном соответствии с теорией эволюции по Дарвину) исчезновением наследственных особенностей, оказавшихся ненужными для борьбы за выживание в новой среде обитания. Понятно, что лабораторные условия выращивания вовсе не были похожи на привычные многим поколениям мушек леса или сады, однако некоторые из этих новых признаков были настолько странными, что ученым пришлось задуматься и о других объяснениях. В январе 1910 г. среди прочих мушек с обычным, красным цветом глаз родилась удивительная, белоглазая мушка, что позволило поставить еще один необычный эксперимент, имевший впоследствии огромное значение. У

первого потомства этой белоглазой мушки оказались глаза обычного, красного цвета, однако уже в следующем поколении соотношение по цвету пришло к привычной менделевской пропорции 3:1.

С наследованием признаков (т. е. с их будущей судьбой) все оказалось в порядке, но появилась проблема их возникновения (образно говоря, их прошлого). Естественно, возникает вопрос о том, где «прятался» ген бе-логлазости плодовой мушки до его обнаружения? Напомним, что ген по определению считался постоянным, не способным к изменениям «квантом» наследственности, поэтому неудивительно, что Морган, уже тогда считавшийся отцом американской генетики, мучительно искал и не мог найти на него ответ. В наши дни термин «мутация» является настолько общеизвестным и тривиальным, что его знают даже дети (хотя бы из самых примитивных книжек и фильмов разряда фэнтази), но в начале XX века это открытие знаменовало собой огромный прорыв в познании законов наследственности и эволюции вообще. Герман Мюллер, коллега Моргана по университету, сумел сперва обнаружить, что мутация цвета глаз дрозофилы связана с химическими изменениями в генной структуре, а затем и показать, что аналогичные изменения могут быть вызваны рентгеновским излучением или даже происходить спонтанно. В результате разносторонних и тщательных экспериментов было достоверно установлено, что изменения генетической информации родителей передаются их потомкам не только у мушек, но и у всех остальных представителей животного и растительного мира. «Древо жизни» оказалось способным к изменениям, поскольку мутировали сами гены, носители исходной информации различных биологических видов, из чего с неизбежностью следовал вывод о наличии в генах каких-то внутренних структур, способных к трансформации.

***

Расшифровка принципа структуры генов стала самой важной и увлекательной задачей биологии в первой половине XX века, а по мнению некоторых ученых, решение этой задачи имеет принципиальное значение для развитии науки вообще. Питер Медавар считает, что «не стоит даже спорить с дураками, не понимающими, что открытие Уотсона и Крика является величайшим научным достижением XX века». Авторами открытия

стали Френсис Крик, Джеймс Уотсон, основываясь на открытии исследовательницы Розалинды Франклин. Об их роли очень точно написал позднее Майкл Лернер: «В науке, как и в любой области интеллектуальной деятельности, всегда существуют два типа специалистов – архитекторы и строители-каменщики. Каменщики выполняют очень важную работу, но их всегда бывает достаточно много, а вот Уотсон и Крик относятся к очень редкому типу архитекторов».

Френсис Крик, Джеймс Уотсон

До сих пор в этой книге «каменщики» науки практически не упоминались, за исключением мелькнувших в тексте студентов Моргана, нескольких физиков-теоретиков и пары математиков, принимавших участие в доказательстве теоремы Ферма. Книга посвящена именно великим ученым, многие из которых, например Эйнштейн, вообще не нуждались в чьей-либо помощи. В генетике дело обстоит значительно сложнее, так как для создания великой и обобщающей теории необходимо было обработать буквально горы многостраничных отчетов и материалов, полученных разными авторами в многочисленных исследовательских центрах и институтах. Например, было установлено, что в передаче наследственной информации активно участвуют молекулы ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), входящие в состав ядер всех клеток организма, причем число этих клеток очень велико (так, организм взрослого человека состоит примерно из 100 триллионов клеток). Молекула ДНК внутри клетки свернута в настолько тугую спираль, что в растянутом состоянии ее длина составляет около 2,5 метров, и общая длина всех вытянутых в единую нить ДНК-молекул одного человека вполне сопоставима с диаметром земной орбиты! Более того, для нормальной жизни и функционирования организма (включая рост, развитие, старение и т. п.) необходимо не только

огромное количество клеток, но и значительное разнообразие их типов. Жизнь человека обеспечивается совместной и согласованной работой примерно 200 типов специализированных клеток (волос, крови, кожи и т. д.), имеющих самые различные функции, формы и размеры (средний размер клеток можно оценить исходя из того, что группа в 250 клеток примерно соответствует размеру точки, напечатанной в конце этого предложения). Рассказ о клетках понадобился для того, чтобы читатель оценил сложность проблемы – все эти крошечные, но весьма разнообразные по форме и функциям сложнейшие образования содержат в себе микроколичества свернутых в клубок молекул ДНК, которые необходимо было выделить и исследовать, поскольку именно в этих молекулах содержится «секрет жизни», т. е. механизм передачи наследственной информации.

Еще одним важным достижением стало обнаружение способности генов (которые до сих пор остаются во многом загадочными объектами) регулировать производство белков внутри клеток. В 1951 году знаменитый химик Лайнус Полинг доказал, что некоторые из синтезируемых белков имеют спиральную структуру, т. е. они похожи на свернутую в клубок нить, и он же первым попробовал использовать для изучения их строения хорошо известный физикам метод рентгеноструктурного анализа.

Незаслуженно забытая сейчас Розалинда Франклин, работавшая в Кинг колледже под руководством Полинга, начала систематические исследования ДНК и в 1952 году получила первые рентгеновские дифрактограммы молекулярных нитей ДНК, выделенных из тимуса (зобной железы) телят. Изображения были слишком сложны для сколь-нибудь детального анализа и очень напоминали популярные сейчас в США ультразвуковые снимки младенца в утробе матери на ранних стадиях беременности, но явно соответствовали какой-то сложной спиральной структуре. На самой первой рентгенограмме, ставшей знаменитой и даже получившей собственное название «Экспозиция 51», можно выделить крупную расплывчатую фигуру в виде грубого креста, образованную какими-то «стержнями», расположенными на равных расстояниях друг от друга. К сожалению, все попытки Розалинды Франклин согласовать полученное изображение со спиральной моделью Полинга оказались безуспешными.

Предсказываемую Полингом структуру пыталась обнаружить также исследовательская группа в знаменитой Кавендишской лаборатории Кембриджа. В 1953 году полученная Франклин

рентгенограмма ДНК попалась на глаза руководителю этой группы Джеймсу Уотсону и произвела на него совершенно потрясающее впечатление. Позднее он признавался, что испытал почти физическое напряжение от ощущения мгновенной догадки: «…увидев изображение, я от изумления раскрыл рот и даже почувствовал учащение пульса». Этот момент озарения принес Уотсону всемирную славу.

Он сумел восстановить структуру по ее проекциям, подобно тому, как дети складывают целую картинку из кусочков. На древнегреческих вазах иногда встречается сложный узор, в котором два силуэта или профиля сливаются и переходят друг в друга, и именно такой оказалась угаданная Уотсоном знаменитая «двойная спираль», которую сегодня знают даже школьники. Тот факт, что никто из специалистов не сумел «разглядеть» структуру раньше, можно объяснить как высоким профессионализмом Уотсона, так и удивительной «открытостью» его воображения и интеллекта, т. е. способностью воспринимать новые идеи и образы. Это и позволило ему угадать в рентгенограмме вид ДНК в проекции «сверху-вниз», при котором смутное изображение креста соответствует не одной спирали, а двум, но плотно и аккуратно «намотанным» друг на друга. Уотсон сумел по этому расплывчатому образу представить соответствующую пространственную конфигурацию, подобно архитектору, с которым его сравнил Медавар в приведенной выше цитате.

Дальнейшая история открытия достаточно хорошо известна. Уотсон обсудил придуманную им структуру с Френсисом Криком, а затем рассказал об открытии остальным сотрудникам Кавендишской лаборатории на традиционной субботней встрече в кембриджском пивном баре «Игл». Затем Уотсон и Крик быстро «додумали» детали структуры, изготовили демонстрационную модель из палочек и проволоки и «помчались» к Нобелевской премии. Незадолго до выхода в свет престижного журнала «Nature» с их статьей Уотсон (по скромности или из осторожности) сказал одному из близких друзей: «…если мы правы, то, похоже, что эта молекула может самовоспроизводиться». Сама статья начиналась с не очень скромной фразы о предлагаемой модели ДНК, которая «…имеет новые свойства и представляет значительный интерес для биологии».

***

Уотсон и Крик показали, что нить ДНК длиной около 2,5 метров может быть представлена в виде записи некоторого текста на «химическом языке», алфавит которого состоит из четырех букв и содержит всю генетическую информацию, относящуюся к наследуемым признакам. Речь идет даже не об аналогии, а о записи в реальной структуре, так как каждая нить двойной спирали представляет собой цепочку нуклеотидов, каждый из которых, в свою очередь, состоит из углевода дезоксирибозы, фосфата и так называемого основания. В состав ДНК входят четыре типа оснований (аденин, гуанин, тимин и цитозин), которые и соответствуют четырем буквам алфавита в предложенной выше метафоре химической записи текста. Каждая последовательность из трех таких оснований на нити ДНК отвечает за создание специфической аминокислоты, способной в дальнейшем синтезировать внутри клетки определенный тип белковых молекул (число различных белковых молекул, синтезируемых по данному принципу, очень велико и достигает нескольких тысяч). Позднее оказалось, что именно такой механизм управления синтезом белков (названный впоследствии триплетным кодом) может, действительно, считаться физико-химической основой жизни вообще. Он используется всеми живыми организмами без исключения, а разница между биологическими видами (а внутри видов и между отдельными организмами) обусловлена лишь различием в последовательности этих триплетов вдоль нити ДНК.

Синтез одного белка в клетке осуществляется посредством целой цепочки различных операций. Сперва «задание» на синтез данного белка передается с ДНК на молекулу похожего типа (рибонуклеиновая кислота, РНК), которая «копирует» с поверхности ДНК соответствующую этому белку последовательность оснований (РНК с записью называют информационной РНК или просто месседжером, т. е. посланием). Информационная РНК поступает в другую клеточную структуру, называемую рибосомой, где раскручивается подобно серпантину, передавая последовательно, триплет за триплетом, все записанные на ней данные. На основе полученной информации так называемая транспортная РНК доставляет к рибосоме конкретные аминокислоты из существующих 22 видов, они связываются в единую цепочку, образуется белковая молекула. В конце этого довольно сложного производственного цикла (ДНК -› передача информации через месседжер на рибосому -» передача информации на транспортную РНК -› доставка аминокислот -› синтез и сборка белковых молекул) внутри клетки возникает

новая трехмерная белковая цепочка, содержащая иногда сотни аминокислот, «построенная» по строго заданным инструкциям и способная выполнять «исходное» задание. Синтезируемые в клетке белковые молекулы весьма разнообразны и очень сложны, так как в их число входят белки, регулирующие процессы метаболизма в клетке, ферменты, способные инициировать, т. е. «запускать» различные процессы, известные всем антитела, обеспечивающие иммунитет организма и другие важнейшие типы биологически активных молекул.

Закручивание двух нитей ДНК относительно друг друга означает, что нуклеотиды каждой из них должны быть определенным образом связаны с нуклеотидами другой, причем эта связь носит сложный, комплементарный характер, что и позволяет нитям ДНК осуществлять описанное выше копирование (дублирование, репликацию). Точность сборки и взаимной «подгонки» нитей ДНК основана на том, что химически могут связываться только строго определенные пары оснований (так называемые комплементарные пары: аденин-тимин или цитозин-гуанин). Такая избирательность связей позволяет создавать как бы зеркальные отражения целых участков структур (например, последовательности оснований аденин-гуа-нин-тимин-цитозин в сопряженной нити ДНК может соответствовать только последовательность тимин-цианин- аденин-гуанин и т. д.), так что читатель может представить себе ДНК в виде трех миллионов сложным образом взаимно-отраженных пар оснований.

Процесс репликации ДНК начинается с того, что под действием ферментов происходит разрушение химических связей между указанными комплементарными парами оснований, в результате чего сдвоенная спираль как бы «разматывается» на отдельных участках. Одновременно другие ферменты (можно лишь упомянуть, что существуют сотни разных ферментов, непрерывно вырабатываемых нашим организмом) осуществляют прямо противоположную задачу, а именно активируют образование новых комплементарных нуклеотидов и их «транспортировку» в соответствующие зеркальные положения на размотанных участках спиралей. После завершения всех операций внутри клетки возникают две совершенно одинаковые двойные спирали, каждая из которых состоит из одной нити первоначальной спирали и одной нити, построенной по принципам комплементарности, т. е. «химического» зеркального отражения.

Удвоение молекул ДНК происходит непрерывно сотнях триллионов клеток нашего организма, поскольку они непрерывно делятся, порождая новые клетки, пока в результате внешних

воздействий, болезни или гибели организма не наступит распад клеток. Каждый из нас замечает в зеркале или просто по изменению размеров своей одежды общие возрастные изменения собственного тела, хотя мы, конечно, не можем видеть или чувствовать спрятанный за этим «план» работы ферментов на клеточном уровне, где также «принимаются решения», связанные с формированием типа клеток. Молекулы ДНК совершенно одинаковы во всех клетках и тканях (в крови, костях, каплях слюны и т. д.) и являются как бы индивидуальной основой нашего генотипа, выработанного бесчисленными поколениями предков, сумевших выжить и дать потомство в далеком прошлом. Естественно, возникает вопрос о том, что же заставляет клетки становиться разными, несмотря на идентичность ДНК внутри них? Ответ является одновременно очень простым и весьма загадочным – в каждом типе клеток активизируется только та часть генетической информации, которая связана с работой данного типа клеток, так что, например, в клетках крови используется только информация, относящаяся к клеткам крови, а оставшаяся большая часть ДНК оказывается инертной. Возвращаясь к аналогии с текстом и буквами, можно сказать, что огромная часть ДНК-текста остается непрочитанной и «безмолвной», заставляя вспомнить заключительную фразу из шекспировского «Гамлета» о том, что «Все остальное – молчание» *(the rest is silent)'*. Клетки крови как бы не замечают огромные куски генетического текста, считывая с нити ДНК только те комбинации из четырех букв, которые на «языке» записи каким-то образом связаны со словом «кровь».

Клетки человека содержат по 23 пары хромосом (т. е. всего 46 разных наборов генетической информации, по 23 от каждого из родителей), причем каждая из них включает в себя от 30 до 40 тысяч генов, которые могут, как уже упоминалось, мутировать спонтанно или под воздействием разнообразных внешних воздействий, включая радиоактивное облучение. Конечно, при таком огромном количестве генов можно было бы ожидать появления статистически обусловленных «сбоев» при многочисленных процессах деления клеток, однако практически всегда деление происходит «безошибочно» или ошибки каким-то образом компенсируются организмом.

В настоящее время достоверно известно около четырех тысяч генетически обусловленных нарушений разной тяжести (от уникальных внешних особенностей до смертельно опасных болезней), которые родители обычно непреднамеренно, но почти неизбежно передают своим потомкам. Конечно, картина таких заболеваний у человека не может быть описана простой

комбинацией (или/или), которую Мендель установил при скрещивании растений гороха в монастырском саду. Например, печально известная болезнь Альцгеймера связана не с одним геном, а с целой комбинацией генов или их различных форм, в которой и записана полная «инструкция» по развитию ужасного заболевания, уничтожающего личность человека. Ряд других серьезнейших болезней (включая артрит, рассеянный склероз, рак и сердечно-сосудистые заболевания), с которыми медицина пока не может эффективно бороться, безусловно, тоже могут передаваться по наследству. В некоторых, особо тяжелых, случаях никакая врачебная помощь и забота не могут спасти человека от генетически запрограммированной болезни, безумия или смерти.

Понимание сущности и роли генетической информации значительно меняет некоторые общие представления о человеческой жизни и судьбе, так, например, почти теряет смысл весьма важная для античного мира идея о взаимосвязи духовного и физического состояния человека. Можно вспомнить, как в гомеровской «Илиаде» царь Приам, выпрашивая у грозного Ахилла труп убитого им Гектора, на мгновенье забывает о своем горе, прерывает мольбы и любуется божественной красотой и мощью греческого вождя. Для древних греков красота и молодость ассоциировались именно с божественным и вечным, а не с жизнью обычных людей, уделом которых оставались старение и смерть. Наша жизнь и судьба, возможно, не очень сильно изменились со времен античности, однако сейчас, благодаря приобретенным знаниям, наша оценка человеческой личности стала более разумной, более сложной и даже более трагичной. Нам уже известно, что жизнь складывается из процессов деления триллионов клеток, управляемых некоторыми программами или инструкциями, которые тоже, в свою очередь, могут изменяться при передаче потомству (зачастую случайно и пока почти непредсказуемо). В отличие от древних греков, мы осознаем, что внутри организма могут быть «заложены» какие-то страшные и случайные комбинации таких программ, вследствие чего (например, при той же болезни Альцгеймера) героический, величественный и грозный Ахилл может забыть не только о войне и убитом Гекторе, но и перестать воспринимать самого себя в качестве личности.

***

Необычностью структуры и характеристик обладает только один тип клеток организма человека, а именно половые клетки (яйцеклетки и сперматозоиды), которые содержат лишь по 23 хромосомы, вследствие чего только после их слияния образуется нормальная клетка с 46 хромосомами. Обычно спаренные хромосомы имеют форму латинской буквы X и лишь примерно в половине случаев от одного из родителей передается хромосома в виде буквы Y, причем сочетание Y-хромосомы с более крупной X-хромосомой, как правило, соответствует рождению мужского потомства. Такое простое, но весьма существенное отличие кажется малозначащим на фоне немыслимого разнообразия генетических признаков, проявляющихся в клетках всех других типов. Несколько лет назад завершился основной этап исследований получившей широкую известность и популярность международной программы «Геном человека», целью которого является полная расшифровка генетической информации человека, выявление причин возникновения индивидуальных различий между людьми, а также обнаружение «ошибок» в геноме, приводящих к развитию наследственных болезней. Этот грандиозный проект включает в себя так называемое картирование генов, т. е. установление точного порядка расположения всех трех миллиардов пар оснований ДНК, содержащейся в каждой клетке человеческого организма (или, продолжая лингвистическую аналогию, прочтение всего текста, содержащего 6 миллиардов букв). К удивлению многих исследователей, уже сейчас ясно, что в передаче генетической информации активно участвуют лишь от 3 до 5% общей структуры генома. Мы можем предположить, что огромное количество пассивных, так называемых бездействующих генов («хлам» на жаргоне генетиков) возникло и накопилось в процессе эволюции, т. е. когда-то они были реально необходимы нашим далеким предкам и просто сохранились с тех пор в геноме (впрочем, и этот ответ представляется спорным и недостоверным). С другой стороны, мы уже понимаем, что все ныне живущие и уже вымершие биологические виды (включая динозавров и т. п.) возникли в результате последовательного деления какой-то одной исходной спирали, и именно этот процесс деления, продолжающийся уже 3-4 миллиарда лет, привел к тому, что в «тексте жизни» каким-то образом возникло длинное и таинственное «предложение», которое мы называем геномом человека.

Геном человека демонстрирует бессмысленность термина «раса» в его обычном, общепринятом значении: цвет кожи, расовые или национальные признаки и т. п. Строго говоря,

генетически существует лишь одна-единственная и единая «человеческая раса», внутри которой лишь условно можно выделить некоторые «расовые группы» с присущими им особенностями, имеющими больше социальное, чем биологическое значение, причем передача конкретных наследственных признаков в смешанных и межрасовых браках с полной определенностью описывается правилами Менделя. Если когда-нибудь марсиане высадятся на нашей планете, они не обратят внимания на эти незначительные признаки, а, возможно, начнут классифицировать людей по другим, более очевидным и объективным признакам (например, они могут выделить «расу» высоких людей и т. д.).

Поэтому, вглядываясь в огромные и грустные глаза шимпанзе, сидящей в клетке зоопарка, стоит задуматься не о своем интеллектуальном превосходстве над нашими ближайшими биологическими родственниками, а о том, что 99,6% всех активных генов человека и шимпанзе полностью совпадают, так что все наше различие и превосходство связано лишь с 0,4% генетической информации ДНК. Именно это крошечная часть генома придает человеку способность говорить, размышлять, ощущать себя личностью и даже создавать и развивать представления о душе и индивидуальности.

***

Уотсон писал: «Раньше людям казалось, что их судьбой управляют звезды, но сейчас мы понимаем, что в гораздо большей степени ею управляют гены». Это известное высказывание содержит в себе дополнительно чрезвычайно важный и сложный вопрос, который не оставляет равнодушным ни одного человека – в какой степени жизнь человека определяется его наследственностью? Не стоит смеяться над тем, как в обыденной жизни толстяки напряженно размышляют над тем, связана ли их полнота с генетической предрасположенностью или с неумеренным потреблением чипсов и страстью к многочасовым телевизионным сериалам. Американские юристы сейчас ожесточенно обсуждают так называемую «поправку Твинки», позволяющую при судебных разбирательствах считать наследственные нарушения психики столь же серьезным и весомым аргументом, как и физическое состояние подсудимого.

С любой точки зрения, исключительно интересно узнать, до

какой степени наши обыденные привычки и пристрастия определяются наследственностью (можно ли, например, выделить конкретный ген, носители которого всегда старательно укрывают чехлами мебель в доме?), а в какой – средой и окружением. Обусловлено ли наше поведение только воздействием окружения, только генетическими особенностями или… сложной комбинацией этих факторов? Мы еще не скоро получим ответы на такие вопросы и наверняка еще не раз ошибемся в своих поисках и выводах.

Какое-то время были очень модны исследования, связанные с поиском связей между специфическими генами и конкретным социальным поведением отдельных людей, что привело к созданию целой науки, получившей название генетической бихевиористики (т. е. науки о генетически обусловленном поведении), в связи с чем было опубликовано много сенсационных материалов, которые с большим жаром обсуждались на телевидении и в бульварных газетах, по обнаружению конкретных генов, ответственных за развитие алкоголизма, маниакальных психозов или шизофрении. Такие работы, конечно, привлекали внимание общественности, однако следует сразу подчеркнуть, что все они были позднее опровергнуты серьезными и систематическими исследованиями.

По-видимому, никакой однозначной связи между генами и поведением не существует. Даже возможное в будущем обнаружение в мозгу каких-либо генетически наследуемых структур не явится доказательством такой связи, поскольку такие факторы еще не будут означать биологического детерминизма в поведении человека. Теоретически не исключено, что гены могут как-то управлять поведением, однако пока это не доказано. Следует также учитывать, что ни одну генеалогическую историю поведения членов какого-либо конкретного семейства нельзя рассматривать с точки зрения простой комбинации генетических признаков по правилам Менделя, поскольку реальная история всегда развивается в окружении и включает в себя историю взаимоотношений личностей с родственниками, обществом и социальной средой. Попросту говоря, развитие пьянства и алкоголизма у представителей нескольких поколений одной семьи может прекрасно осуществляться и без участия какого-то специфического «гена алкоголизма».

Даже в тех случаях, когда речь идет о конкретной и редкой болезни, достоверно вызываемой «ошибкой» в определенном гене, правила Менделя следует применять осторожно, поскольку болезни у различных поколений развиваются в разных условиях и при меняющейся окружающей среде. Поэтому не следует

расстраиваться, выслушая разглагольствования очередного эксперта по наследственным заболеваниям и их лечению, особенно если он выступает в рекламном клипе медицинской или фармацевтической компании. Читателю стоит твердо запомнить, что в развитии даже наследственных болезней участвует множество внешних факторов и одновременно несколько генов. Конкретным болезням, типа рака груди или диабета, не могут соответствовать никакие конкретные гены, хотя бы потому, что, например, для развития диабета необходимо совместное действие не менее 15 генов и т. д.

Точно так же реальное поведение человека (которое, конечно, имеет в своей основе генетические компоненты) управляется в действительности мозгом, представляющим собой исключительно сложную структуру и учитывающим множество разнообразных внешних факторов. Матт Рид-ли в известной книге «Геном. Автобиография биологического вида в 23 частях» пишет, что «… у специалистов, по мере погружения в исследования генома, исчезает всякое ощущение фатализма. Изучаемую систему характеризует скорее серая неопределенность, изменчивые причинные связи и смутная, плохо выраженная предрасположенность к некоторым действиям».

Споры о генетике и геноме как бы воскрешают на новом уровне исследований и знаний бесконечные дискуссии философов и психологов XVIII века о роли врожденных и приобретенных навыков в процессе воспитания. Одним из самых тяжелых последствий увлечения идеями наследственности стало развитие в первой половине XX века многих общественных движений и организаций, основанных на евгенике (науке об улучшении человеческой расы). Такие псевдонаучные идеи были популярны в разных странах, включая США, где в период между мировыми войнами одно время стало модным награждать на сельских празднествах и ярмарках призами целые семьи с «генетически идеальной» внешностью, подразумевая под этим голубоглазых и светловолосых людей. В те же времена некоторые американские общественные организации рекомендовали постепенно исключать из процесса размножения человеческой расы дефективных представителей низшей расы, используя методы стерилизации. В Европе такое безумное толкование менделевских принципов генетики привело к нацизму, а в США оно прекратилось лишь после Второй мировой войны, хотя отголоски расовой идеи до сих пор сохраняются в частных разговорах или в публикациях фанатически настроенных и не совсем нормальных пропагандистов.

Недавно чрезвычайно похожая по идеологии и очень

ожесточенная дискуссия вспыхнула при интерпретации статистических данных по так называемому коэффициенту АйКью *(1Q – Intelligence Quotient),* низкие значения которого у части населения одни исследователи пытаются связать с расовыми, а другие – с социально-общественными факторами. Как в упомянутых выше экспериментах по генетической бихевиористике, так и в исследованиях коэффициента *IQ* у больших групп населения никому не удалось обнаружить специфический ген или группу генов, однозначно регулирующих поведение человека или развитие его интеллекта. Причина этих неудач, прежде всего, связана с тем, что весьма сложные характеристики человеческой личности просто не могут передаваться столь же простым и однозначным образом, как курчавость волос или тембр голоса.

Разумеется, ученые неоднократно пытались выявить генетически обусловленные особенности поведения как у привычной дрозофилы, так и других, более сложных биологических видов. Наиболее перспективными в этом отношении выглядели собаки, поскольку человечеству удалось за многие тысячи лет вывести большое количество разных пород с явно наследуемыми и весьма специфическими особенностями поведения (например, со способностью приносить дичь, плавать и даже пасти овец). В настоящее время осуществляется международная программа «Геном собаки», цель которой состоит в выявлении генетической передачи наследуемых признаков и выявлении генетической предрасположенности (или, наоборот, генетической неспособности) к определенному типу поведения. Кстати, в генетических исследованиях мы вовсе не должны «зацикливаться» на поиске генов отрицательных свойств и характеристик (почему бы, например, нам не поискать гены доброты и святости?).

Мне хочется повторить, что даже если будет обнаружена какая-то генетическая предрасположенность к определенному типу поведения, следует помнить, что это еще не является доказательством «генетического детерминизма», так как человеческая личность в огромной степени формируется семейным и социальным окружением на самых разных уровнях, включая некий общечеловеческий. Генетическая предрасположенность может означать и означает только то, что данный человек в определенных ситуациях более склонен, например, к насилию или даже к саморазрушению, чем остальные. В соответствующих случаях следует искать методы и возможности предотвращения таких ситуаций и поступков, аналогично тому, как медицина ищет и находит эффективные методы лечения или предотвращения генетически обусловленных

заболеваний. Известный специалист по молекулярной биологии Тим Талли даже предсказывает, что «исследование молекулярных основ поведения поможет нам найти новые методы внешнего воздействия на личность пациентов».

Многих людей тревожит и даже пугает сама возможность того, что научные результаты генетических исследований или просто сведения о генетической информации конкретных людей могут попасть в распоряжение государства или крупных корпораций и привести к нарушению прав человека, однако можно надеяться, что возможности воздействия на наследственную информацию или опасного применения новых знаний в этой области окажутся незначительными. С другой стороны, нельзя не вспомнить опасения общественности, высказываемые в связи с экспериментами по клонированию. Такие опасения в значительной степени тоже основаны на слепой вере в силу генетического детерминизма. Очевидно, что любой клон под воздействием различных внешних факторов очень быстро должен «распасться» и развиться в полноценное и разнородное сообщество, все члены которого будут обладать индивидуальностью.

Глава 8

Гоминиды, люди и поиски общих предков

Любые открытия генетиков и антропологов в предвидимом будущем будут иметь лишь относительную ценность в свете грандиозных достижений последних 20 лет, которые привели к революционной переоценке всех наших представлений о происхождении человечества и возможных путях развития человеческой расы вообще.

Расшифровка генома человека позволила достаточно уверенно установить, что человечество возникло примерно 100-200 тысяч лет назад в саваннах или лесах Восточной Африки. В настоящее время эта территория покрыта пустынями, ущельями и болотами. Первые млекопитающие появились на планете примерно за 220 миллионов лет до нас. Генетики могут почти точно утверждать, что все живущие ныне на Земле люди представляют собой потомство весьма небольшого числа исходных предков, в первую очередь женщин. Ученые пришли к выводу, что современные люди произошли не от одной-единственной прародительницы всего человечества, так называемой Африканской Евы, – таких прародительниц несколько. Этих предков и их соплеменников не следует считать какой-то ранней формой современного человека, поскольку они были настоящими людьми с самого начала.

***

Из телевизионных передач вроде «Закон и порядок» и уголовных репортажей читатель наверняка уже знает, что ДНК каждого человека столь же уникальна, как и отпечатки пальцев, и это обстоятельство широко используется полицейскими и

юристами для идентификации личности. Другим типом дезоксирибонуклеиновой кислоты, способной к репликации, является так называемая неядерная или митохондриальная ДНК, обладающая замечательной особенностью в каждом поколении передаваться от матери всему потомству, но уже в следующем поколении – только потомкам по женской линии. Иными словами, механизм передачи митохондриальной ДНК позволяет нарисовать «химическое» генеалогическое древо по женской линии для любой семьи.

Именно митохондриальная ДНК, сохранившаяся в клетках скелетов, позволила несколько лет назад точно идентифицировать останки членов царской семьи, среди которых обнаружились и легендарная Анастасия, и больной гемофилией царевич Алексей. Идентификация в этом случае стала возможной лишь потому, что все аристократические династии Европы давно находятся в тесном родстве и составляют своеобразное, очень замкнутое и немногочисленное сообщество. Поэтому наследственная митохондриальная ДНК Николая II и его семьи содержится в клетках его многочисленных родственников по всей Европе (от Греции до Англии), которые все произошли от очень небольшого числа августейших мам и бабушек, в результате чего исследователи смогли очень легко получить требуемые образцы ДНК из крови нескольких родственников царя Николая II, включая английского принца Филиппа.

В клетках всех без исключения людей на планете содержится митохондриальная ДНК от нескольких женщин, так называемых Африканских Ев, появившихся на Земле 100-175 тысяч лет назад. Наиболее вероятная дата, 125 тысяч лет назад, соответствует, возможно, также и началу интенсивной миграции людей современного типа за пределы африканского континента. Как и в случае определения возраста Вселенной, существенной представляется не столько датировка события, сколько тот факт, что митохондриальная ДНК позволила антропологам с полной уверенностью отнести происхождение человека к гораздо более ранней эпохе, чем это предполагалось всеми учеными всего двадцать лет назад.

Имеет смысл еще раз подчеркнуть, что эти существа уже были настоящими людьми, т. е. принадлежали к биологическому виду *Homo sapiens* и генетически не отличались от современных людей. По-видимому, они были более низкорослыми, смуглыми и темноволосыми, чем современные американцы, но в целом не очень отличались от многих наших родственников и знакомых. В любом случае, вы не обратили бы на них внимания на автостоянке, а если бы в чем-то заподозрили, то полиция с

полным основанием, могла бы использовать их ДНК для идентификации при подозрении, например, в угоне автомобиля.

***

Несколько неосторожно автор использовал слова «… появившихся на Земле», заставляющие задуматься о том, как вообще на планете возникают биологические виды. Ранее считалось, что новые виды просто медленно развиваются из «старых», от предков к потомкам в течение многих тысячелетий, и именно эта теория привела к весьма длительным и напряженным поискам так называемого «промежуточного звена» между человекообразными обезьянами и современным человеком *Homo sapiens.* Между тем, в соответствии с предложенной в 1972 году Стивеном Джей Гулдом и Найлсом Элриджем теорией «точечного равновесия» (точечными мутациями генетики называют изменение отдельных пар оснований в ДНК), образование видов происходит не постепенно, а обусловлено каким-то скачком, «прыжком» в развитии. Интересно, что в биологии термин «скачок» является столь же неоднозначным, плохо определенным и обманчивым, как и в квантовой механике, тем более что биологические скачки в развитии могут продолжаться довольно долго. Например, время эволюции, необходимое для образования одного из видов африканских улиток, составляет от 5000 до 50 000 лет.

Мы очень мало знаем о механизме таких скачков и совершенно не представляем себе их возможную причину (впрочем, неясно даже – насколько уместен термин «причина» при обсуждении проблем эволюции), чем и объясняется некоторая туманность и неопределенность последующих утверждений. Если последние молекулярно-биологические данные верны, человекоподобные существа или гоми-ниды, представители семейства *Hominidae,* неожиданно выделились из общего древа развития семейства обезьян примерно 5,5-6,5 миллионов лет назад. Среднее время существования биологических видов составляет всего около 10 миллионов лет. Если это так, предсказанное затухание Солнца не представляет для нашего вида никакой реальной опасности.

От этого же фамильного древа за несколько миллионов лет до гоминид отделились гориллы и орангутанги. Наши ближайшие родственники (можно сказать, кузены) шимпанзе и

бонобо, карликовые шимпанзе, отделились позднее человека, поэтому, сравнивая сходные и различные характеристики этих видов, мы можем получить некоторое представление о наших общих предках. Например, люди, шимпанзе и бонобо умеют узнавать свое отражение в зеркале, так что мы можем представить себе общего предка, первобытного Нарцисса, внимательно рассматривающего свой облик на тихой глади тропического пруда. С другой стороны, мы уже давно утратили способность жить на деревьях, которой обладали наши предки и которую до сих пор используют шимпанзе и бонобо. Это сравнение можно продолжать очень долго, но общий вывод состоит в том, что мы утратили многие семейные черты, которые сохранились у человекообразных обезьян. Возможно, самым заметным внешним отличием можно считать бросающееся в глаза отсутствие густого волосяного покрова. Наиболее подходящим кандидатом на роль еще более удаленного во времени общего предка является вымершее маленькое и большеглазое существо, жившее на деревьях и, по-видимому, похожее на современных лемуров, хотя этот вопрос остается спорным.

Мы ничего не знаем о нашем будущем, т. е. о последующем биологическом развитии. Есть ли у нас основания полагать, что именно *Homo sapiens* является конечным продуктом эволюции, вершиной этой линии биологического развития? По-видимому, дело обстоит не так, поскольку мир вокруг нас продолжает развиваться, и Солнце не остановило свое вращение вместе с другими звездами Млечного Пути. Поскольку мы не представляем, какие конкретно точечные мутации привели к зарождению нашего вида, мы не можем предвидеть факторы, которые приведут к следующим мутациям, и их последствия. Возможно, какой-то новый набор мутаций просто приведет к новому биологическому скачку и породит следующую расу гоминид.

Будучи промежуточной, а не конечной формой, мы уже получили в наследство и использовали некоторые генетические особенности, но ведь вполне вероятно, что мы должны просто передать их следующим формам. Разумеется, всегда были и будут люди, которые считают, что наши предки сильно отличались от нас. И конечно, есть так называемые креационисты, полагающие, что мы были созданы по образу и подобию Бога. Причем сначала был создан мужчина, а потом женщина. Каждый из нас знает даже образованных людей, которые открыто или в глубине души считают, что «…среди наших прабабок обезьян не было» и т. п. Сейчас можно с уверенностью констатировать, что с точки зрения биологии развитие человеческой расы не является каким-то

особым или экстраординарным событием.

Развитие антропологии в девятнадцатом и двадцатом веках было постоянно связано с преодолением различных заблуждений, предрассудков и чисто человеческих чувств, основанных на ощущении иррациональной «гордости» за принадлежность к высшей биологической форме развития, сумевшей выработать понятие о греческой демократии, построить величественные соборы и создать полифоническую музыку. Еще большим разочарованием для людей с предрассудками стало то, что *Homo sapiens,* как показала наука, не мог возникнуть (или быть созданным) на европейском континенте. Историю человечества как биологического вида удалось восстановить лишь в результате тщательных и длительных изысканий в Африке и Азии.

***

Самые первые открытия в антропологии были сделаны евроцентристами. Еще в 1856 году в долине Неандерталь (Германия) были впервые обнаружены останки очень древнего человекоподобного существа, а затем подобные находки сделались обычными для Западной Европы. Судя по объему черепа взрослых неандертальцев, их мозг весил около 1,3 килограмма, что вполне сопоставимо с весом мозга наших современников и подтверждало возможность возникновения и развития человечества именно на европейском континенте, где неандертальцы жили, как выяснилось, примерно тридцать тысяч лет назад. Останки еще одного вида, так называемого кроманьонца, достаточно близкого по типу к неандертальцу, были обнаружены позднее во Франции.

С другой стороны, на острове Ява были обнаружены останки человекоподобного существа, жившего около 800 000 лет назад. Яванопитек представлял собой прямоходящую человекообразную обезьяну совершенно необычного типа и был предложен некоторыми антропологами в качестве прародителя неандертальцев, поскольку их черепа были очень похожи (оба имели выдающиеся надбровные дуги и овальные формы). Однако позднее антропологи обнаружили возле Пекина, столицы Китая, так называемого пекинского человека (синантропа), жившего примерно 500 000 лет тому назад.

Для многих европейских ученых эти открытия были неприятны тем, что наличие азиатских или африканских предков

разрушало их веру в преимущество белой расы. Более того, сам образ явапитека (скорее человекообразной обезьяны, чем гоминиды) создавал у них «комплекс Адама», которым антропологи называют претензии, уверенность или хотя бы надежду на то, что наши предки с самого начала были гораздо более интеллектуальными и даже внешне более привлекательными, чем предполагаемые человекообразные «кузены».

Однако такие теории и построения были буквально сметены потоком открытий из Африки, заставляющих нас невольно вспомнить о тех предрассудках, которые всегда пронизывали «белую» культуру и заставляли забывать о том, что, в сущности, вся наша история и культура начинались с африканского континента. Можно вспомнить, как во времена Авраама Линкольна посол США во Франции Джон Бигелоу писал после встречи со знаменитым писателем Александром Дюма-отцом (внуком негритянки из Вест-Индии и французского аристократа), что «… в его рефлексивном и алогичном поведении… всегда чувствуется характерный африканский темперамент…». Посол представлял весьма прогрессивное правительство, отменившее рабство в Соединенных Штатах, так что его высказывание лишь отражает настроения самых просвещенных представителей западной культуры того времени. На этом фоне совершенно естественными выглядели попытки вполне честных и объективных ученых показать, что объем мозга у негров меньше, чем у представителей белой расы, но зато… негры- спортсмены биологически превосходят белых атлетов по выносливости и т. п. Неудивительно, что зараженные такими предрассудками европейцы в XIX и начале XX веков, гордые своим великим прошлым и славными историческими именами (от Микельанджело до Наполеона), никак не могли или не желали верить в то, что человечество зародилось где-то в саваннах Африки.

***

Ситуация начала меняться после 1924 года, когда почти случайно начался новый этап развития антропологии. При горновзрывных работах в южноафриканском местечке Тонг среди щебня и булыжников была обнаружена часть черепа промежуточного типа, имеющая характеристики, присущие и

человеку, и обезьяне. Так называемому черепу из Тонга повезло, так как его исследованием с самого начала занялся известный английский специалист в области исследования деятельности мозга Раймонд Артур Дарт, ранее совершенно не связанный с палеонтологией. Дарт почти сразу отметил, что череп принадлежал детенышу в возрасте около 4 лет, который передвигался на задних лапах, на что указывала форма сочленения черепа со спинным хребтом. Однако самым существенным обстоятельством было то, что ископаемое существо имело очень небольшие клыки, что характерно именно для людей (а не для обезьян, у которых клыки крупные), которые предпочитают решать взаимные споры не в физической драке, а используя различные предметы. Например, бросают друг в друга различные снаряды, от булыжников до межконтинентальных ракет.

Дарт был, подобно Вегенеру, любителем в новой для него области науки, но тоже не побоялся сделать решительные выводы из своих наблюдений и немедленно объявил найденное существо искомым «промежуточным звеном» между людьми и человекообразными обезьянами, исходя из того, что объем его черепной коробки соответствовал обезьяне, а строение челюсти – человеку. Догадка Дарта о «промежуточном звене» была ошибочной, но он вошел в историю науки описанием первых ископаемых приматов, найденных в Африке южнее экватора. Кроме того, ему удалось установить, что возраст скальных пород, в которых был погребен череп, составлял около 2 миллионов лет, так что существо оказалось самым древним из найденных до этого предков человека. Напомним, что, по современным представлениям, биологическая линия, которая привела к возникновению человека, отделилась от генеалогического древа обезьян лишь за 3 миллиона лет до этого (примерно 5 миллионов лет назад), т. е. Дарту удалось сразу «нырнуть» очень глубоко в предысторию нашего биологического вида.

С обычным презрением к выводам «любителя» большинство европейских ученых отвергло наблюдения и гипотезы Дарта, опубликованные в 1925 году, однако сам череп стал первой ископаемой находкой останков вида, получившего позднее название *Australopithecus africanus* (слово *australis* означает «южный» по-латыни, *apithecus* – «обезьяна» по-древнегречески). Многие скептики посчитали, что все отмеченные Дартом особенности находки связаны лишь с юным возрастом и должны были позднее исчезнуть при ее развитии во взрослую особь. Однако основная проблема состояла в том, что никто из специалистов не допускал даже мысли о возможности

существования человека или каких-либо более дальних его предков в столь отдаленном прошлом (официальная наука тогда полагала, что возраст человечества не может превышать 500 000 лет). Дарт не принимал никакой критики и с маниакальной настойчивостью потратил десятки лет на продолжение исследований и поиски других австралопитеков.

Через 11 лет после первой публикации Дарта одному из его коллег, Роберту Блуму посчастливилось обнаружить череп взрослого австралопитека в нескольких километрах от того же рудника Тонг. За следующее десятилетие в пещере близ городка Стеркфонтен было обнаружено еще несколько достаточно полных скелетов Australopithecus africanus, позволивших доказать, что догадка Дарта о прямохождении австралопитеков была совершенно правильной. Исследования Блума и их тщательная проверка смогли наконец убедить ведущих ученых, что Australopithecus africanus жили (можно даже сказать, процветали) -2 миллиона лет тому назад, и их действительно следует считать первобытными людьми или предками человека.

К концу XX века были найдены останки не менее 600 представителей этого вида, причем места и обстоятельства находок наглядно доказывали, что австралопитеки жили группами или сообществами. Находки заставили многих вспомнить, что еще в 1871 году Чарльз Дарвин говорил, что «колыбелью» человечества является Африка.

***

С этого момента развитие антропологии стало во многом определяться деятельностью яркой, противоречивой, но безусловно исключительно одаренной семьи Лики, в которую входят Луис С. Б. Лики и его жена Мэри, а также их сын Ричард и его жена Мив. Основатель династии исследователей, Луис Лики в начале своей карьеры печально прославился безудержной саморекламой и неудачами в поисках легендарного Снежного человека, что ни в какой мере не должно умалять его блестящих открытий в последующем. Спустя 6 лет после обнаружения черепа австралопитека чета старших Лики (в возрасте немногим более двадцати лет) начали поиски древних каменных орудий труда в ставшем позднее знаменитым ущелье Олдувай, представляющем собой узкий 30-километровый «разрез» в пустынной жаркой области Танзании.

Кульминацией первых лет поисков для Мэри стала находка в 1959 году скелета женщины-австралопитека (принадлежащей к новому виду, названному позднее название *Australopithecus boisei),* которая оказалась современницей *A. africanus,* но имела гораздо более крупные зубы и челюсти. Эти гоминиды не имели клыков, а их мощные челюсти с внушительными мускулами явно использовались для пережевывания грубой растительной пищи. Место находки позволяло определить, что эти существа жили примерно 1,8 миллиона лет тому назад, т. е. получалось, что несколько миллионов лет тому назад на Африканской тектонической плите одновременно жили несколько видов гоминид, в то время как сама плита медленно дрейфовала (по Венегеру) в южном направлении. Гораздо более важным обстоятельством при этом было то, что рядом со скелетом был обнаружен небольшой набор простейших каменных орудий, а сам скелет имел явно выраженные человекоподобные черты и характеристики.

Вся совокупность находок ископаемых останков наглядно демонстрировала увеличение объема черепа у различных представителей семейства *Hominidae,* произошедшее в этом географическом регионе примерно 2 миллиона лет тому назад. Специалисты по молекулярной генетике даже смогли выяснить, что это увеличение размера мозга сопровождалось ростом способности к логическим размышлениям, включая рост коммуникативных способностей по отношению к представителям собственного вида. Сейчас ученые считают, что настоящая речь возникла только после появления на исторической сцене *Homo sapiens,* т. е. примерно 125 000 лет тому назад (по некоторым подсчетам, после этого объем мозга гоминид стал увеличиваться гораздо быстрее, примерно на 15 миллионов клеток за каждые 100 000 лет).

Чарльз Дарвин

Естественно спросить себя, как все эти виды общались и взаимодействовали друг с другом, если они действительно жили на планете одновременно? Почему все эти разнообразные виды впоследствии вдруг исчезли с лица планеты? Неужели они, подобно многим древним народам античной истории, просто истребили друг друга? Действительно ли, как считают некоторые циничные эксперты, плотоядные *Homosapiens*просто смогли быстро съесть своих сородичей? Или эта проблема является искусственной и связана лишь с неполнотой и случайностью наших знаний (сохранились лишь останки в некоторых местах планеты), полученных от ископаемых находок в местах с различными геологическими и климатическими условиями? Все эти вопросы остаются пока в антропологии без ответов. Открытия на Африканском континенте продолжались, постепенно складываясь в интересную и сложную картину. В 1974 году Дональд Иогансен в отдаленной эфиопской пустыне сумел обнаружить чрезвычайно интересный и достаточно полный скелет молодой женщины, которая стала харизматической и всемирно известной «личностью», получив даже собственное имя (ученые назвали ее Люси, в память о модной тогда песне «Люси в облаках с бриллиантами», исполняемой группой «Биттлз»). Люси жила примерно 3,2 миллиона лет назад, имела рост около 125 сантиметров, принадлежала к новому виду австралопитеков, названному *Australopithecusafarensis,* и являлась прямоходящей, о чем свидетельствовало строение ее таза и берцовых костей.

В 1978 году еще более поразительное и редкое открытие выпало на долю неутомимой Мэри Лики, которой посчастливилось найти сохранившиеся отпечатки ног древних обитателей Африки. Судя по 70-метровой цепочке следов около вулкана Садиман (в 30 километрах от того же ущелья Олдувай), две взрослые особи *Australopithecus afarensis* шли здесь друг за другом примерно 3,6 миллиона лет тому назад. Отпечатки показывают наличие развитого свода стопы и являются самыми древними «человеческими» следами, т. е. свидетельством прямохождения. В связи с этим, стоит упомянуть, что никому пока не удалось достаточно ясно понять или объяснить, почему, собственно, древние обезьяны встали на задние лапы и освоили совершенно новый в животном мире способ передвижения. Ученые ожесточенно спорят о том, для чего нашим предкам потребовалось прямохождение: для лучшего обзора местности и слежения за хищниками, для сбора плодов с ветвей деревьев или для меньшего нагрева тела под лучами палящего солнца?

Вблизи цепочки следов древних людей были также обнаружены следы трех копыт древнего, давно вымершего вида лошадей. Наше воображение готово нарисовать приятную, совершенно человеческую сценку прогулки семейной пары гоминид с приручeнной лошадкой, но, к великому сожалению ученых, наука не позволяет установить одновременность возникновения этих отпечатков. Позднее, при тщательном анализе отпечатков выяснилось, что в действительности речь идет о следах трех человек, так что шли либо двое взрослых (след в след, подобно охотникам в современной Африке) и ребенок, либо мужчина и две женщины. Мы никогда не узнаем, составляли ли они семью и в каком родстве состояли друг с другом. Все считают авторов известной картины «Американская готика» супружеской парой, хотя в действительности они являются отцом и дочерью. Чисто человечески хочется надеяться, что этих древнихлюдей из давно вымершего вида связывали именно человеческие чувства и отношения.

***

За пару лет до триумфальных раскопок Люси Ричард Лики нашел на севере Олдувая, в Кении еще один ископаемый череп, владелец которого был ближе к *Homo sapiens,* чем все остальные

австралопитеки. Датируемые 1,9 млн. лет, эти хорошо сохранившиеся останки указывали на мозг существенно более крупный, чем найденные ранее. Существо, названное молодым Лики *Homo habilis* (человек умелый), обладало крупным черепом и умело изготовлять орудия труда, чего еще не умела его «мать», найденная матерью Ричарда Лики. Кроме того, исторический возраст находки Ричарда совпадал с историческим возрастом находки его матери, но был в три раза старше всех обнаруженных до него первобытных людей. С одной стороны, *H habilis* был явно в близком родстве с ранее обнаруженным поисковой группой Ричарда Лики в Кении в 1984 году видом *Homo erectus,* череп которого весьма походил на давно известные в Европе черепа неандертальцев, вследствие чего специалисты предпочли назвать находку *Homo orgaster,* считая ее новым видом. Это произошло до 1987 года, когда анализ ДНК неандертальцев позволил с уверенностью исключить их из списка наших возможных предков, так как только десять лет спустя детальный ДНК-анализ показал, что неандертальцы отделились от нашей ветви гоминид примерно 600 000 лет назад. Заслуживает отдельного внимания скелет, принадлежавший австралопитеку, датируемый возрастом около 1,6 миллиона лет. Он был моложе Люси, почти современником Я. *africanus* и *H habilis,* но значительно старше неандертальца, но все эти открытия проясняли родословную человека лишь косвенно и частично. Какое-то короткое время антропологи были заняты бесполезным выяснением роли Люси и ее семейства в общей истории развития человечества. Йогансон пытался доказать, что *A. afarensis* является предком *H habilis,* от которого в дальнейшем произошли современные люди. Более того, он полагал, что от *A. afarensis* берут начало две другие известные ветви семейства гоминид (обе они прекратили существование позднее, примерно 1 миллион лет назад), а именно мощный, но не очень сообразительный (судя по черепу) *Australopithecus boisei* и *Australopithecus robustus.* Определение *robustus,* означающее «крепкий» или «мощный», эти кузены получили только из-за своих крупных челюстей (иногда их шутливо называют даже «щелкунчиками»), в остальном они были некрупнее современных шимпанзе. Попытка Йогансона ввести в генеалогию *Homo erectus* как потомка *H. habilis* и, одновременно, возможного предшественника *H. sapiens* казалась его коллегам ненужным усложнением, хотя он и появился 2,1 миллиона лет назад и, судя по находкам останков, жил во многих местах Африки и в Евразии примерно 1 миллион лет назад.

Для исследователей, всерьез увлекшихся этой проблемой (например, для той же знаменитой семьи Лики), эти построения

казались слишком неясными, и в них оставалось много нерешенных вопросов. Было совершенно непонятно, каким образом происходили миграции, так как расстояние между местами находок в Эфиопии и Кении составляло тысячи километров, не говоря уже о явной неполноте и несистематичности находимых останков. Семейство Лики соглашалось с тем, что виды *Homo* и *Australopithecus* имеют общего предка, но доказывало, что этот предполагаемый предок жил за 7-8 миллионов лет до появления Люси и ее родственников в Эфиопии. Впрочем, споры возникали и по другим конкретным вопросам, Например, пара антропологов, изучая таз и берцовые кости Люси, пришла к выводу, что длинноногая Люси вполне могла оказаться… мужчиной, но не *A. afarensis,* а другого вида.

В случайной авиационной катастрофе Ричард Лики потерял обе ноги, после чего «семейный бизнес» возглавила его жена Мив, которой в 1994 году удалось обнаружить вблизи озера Туркана в Танзании еще один женский скелет австралопитека, датируемый эпохой от 3,9 до 4,4 миллиона лет назад. Соревнование между двумя известными командами антропологов продолжалось, так что не успела Мив окрестить найденный видА *anamensis,* как на раскопках в Эфиопии был найден еще один подвид австралопитека, так называемый раминид, живший предположительно 4,4 миллиона лет назад. В марте 2001 года миссис Лики объявила, что найденный в Кении череп гораздо более похож на человеческий, чем черепа семейства Люси. Мив Лики назвала новое существо *Kenyanthropus platyops* (предположительно оно жило 3,5 миллиона лет назад) и предложила его в качестве нового подвида семейства гоминид, хотя некоторые специалисты считали находку всего лишь вариантом *A. afarensis.* Следующим шагом на пути выяснения генеалогического древа человека стало обнаружение в июле 2001 года в Эфиопии частей скелетов от останков пяти австралопитеков возрастом 5,8 миллиона лет, которые вполне могли стать общими предками человека и шимпанзе. Эти существа, тоже принадлежащие к рамидам, были прямоходящими и обитали в прохладных, болотистых лесах древней Восточной Африки. Если люди действительно происходят от этих предков, то вся теория эволюции человека нуждается в пересмотре, поскольку до сих пор считалось, что гоминиды смогли эволюционировать только после исчезновения лесов и возникновения подходящих для их обитания древних саванн.

Тщательный учет и анализ множества полученных за последнее столетие данных позволили ученым воссоздать некую общую (но пока не окончательную!) картину эволюции

человечества. В период от 3 до 5 миллионов лет тому назад представители семейства Люси, *A. afarensis,* были единственными гоминидами, а также единственными млекопитающими на планете, способными ходить на двух ногах. Эти гоминиды имели не очень развитый мозг, но прямохождение давало им значительные преимущества, поскольку они, по-видимому, уже умели переносить с места на место не только свое потомство, но также запасы пищи и орудия. Возможно, что они уже приобрели исключительно человеческую способность к «разделению труда» (так что пока одни собирали плоды в саванне, другие охраняли потомство и стоянку), а по некоторым признакам умели добывать огонь.

Резкое увеличение размеров черепной коробки произошло примерно 2 миллиона лет тому назад, дав начало трем видам, а именно: *A. boisei,* A. *robustus* и *H. habilis.* Два первых, «мощных» вида быстро вымерли, а представители *H. habilis* по физическому строению, похожие на человека, но имевшие вдвое меньший объем мозга, по-видимому, сумели перейти на богатую белками мясную пищу, что способствовало дальнейшему росту мозга и привело, примерно еще через 500 000 лет, к появлению вида//. *erectus.* Этот первобытный человек, объем мозга которого был примерно на 50% больше, чем у всех его предшественников, сумел не только выжить, но и медленно расселиться на север в Европу и на восток в Азию, где известны многочисленные находки останков так называемого пекинского человека, также имеющие возраст около 500 000 лет. К этому моменту размеры мозга выросли почти до современной величины, так что практически все условия, необходимые для возникновения *H. sapiens,* уже существовали.

Существующий сейчас жаркий, пыльный и неуютный ландшафт Восточной Африки нельзя рассматривать в качестве той сцены, на которой развивалась история появления человеческого вида, поскольку миллионы лет назад здесь простирались обширные леса, где и обитали наши общие (с шимпанзе и бонобо) предки. Возможно, отделение человеческой ветви от общего генеалогического древа гоминид произошло именно в момент изменения климата, когда вместо лесов возникли просторные саванны. Возможно, именно поэтому наши предки спустились с деревьев и научились ходить.

В те времена, когда группа наших предков, следы которых нашла Мэри Лики, бродила в саваннах Восточной Африки, общий климат континента менялся и становился значительно более сухим. В этом районе тогда сталкивались три огромные континентальные плиты, создавая гигантские по высоте скальные

массивы, которые стали преградой на пути влажных тропических ветров, пересекающих Африканский континент с запада на восток.

Упоминавшиеся выше «мощные» австралопитеки, такие, как найденный Мэри Лики *A. boisei,* питавшиеся фруктами и растениями, по-видимому, просто вымерли из-за изменения климата и окружающей среды. Сохранился только более крупный вид *Homo kahilis* с толстыми стенками черепа, умеющий пользоваться каменными орудиями, охотиться и питаться мясной пищей, хотя, возможно, и он задержался в развитии из-за изменения климата. Следует особо отметить, что указанное сочетание признаков создавало существенные преимущества для развития человеческого рода, так как «затянувшееся взросление» позволяло очень большому и продолжающему расти мозгу более эффективно проявлять свои потенциальные возможности. Крупный и прочный череп защищал мозг и позволял ему увеличиваться, в то время как богатая белками мясная пища способствовала его развитию и усложнению.

С другой стороны, эти или подобные преимущества не помогли выжить другим представителям рода *Homo,* поэтому многие ученые считают, что человечество могло возникнуть сразу. Многие группы похожих гоминид охотились, развивались и обустраивали свои стоянки, но каким-то чудом из них выжила только одна, возможно, очень небольшая по численности. В соответствии с одной из интерпретаций нашего генетического кода, исходная группа, из которой возникли первобытные люди, могла состоять всего из нескольких тысяч человек или даже меньше. Более того, некоторые исследователи даже считают, что эта группа сначала успешно размножилась примерно до 100 000 человек, но затем (примерно 100 000 лет тому назад) по каким-то причинам ее численность резко уменьшилась и в какой-то момент составляла всего 10 000 человек. Что-то непонятное, но грандиозное случилось в Восточной Африке и буквально «смело» почти всех обитавших там гоминид. Почему выжили именно мы?

Конечно, как и полагается победителям, мы можем высокомерно размышлять об исключительной интеллектуальной одаренности, соединенной с замечательной способностью адаптации к новым условиям, хотя есть и другие точки зрения. В речи, посвященной наступлению третьего тысячелетия, бывший генеральный прокурор США Джон Митчелл сказал примерно следующее: «…в крутой обстановке следует поступать круто», и похоже, что когда-то именно «крутость» в захвате новых территорий помогла человечеству выжить. Некоторые антропологи считают, что настоящее, широкомасштабное

заселение нашей планеты началось всего лишь 50 000 лет назад, и этот процесс можно описать как захват малочисленным видом бродячих охотников и собирателей, живших ранее лишь в районах с умеренным и благоприятным климатом, почти всей территории Земли, с постепенным вытеснением или подавлением всех остальных ранее существовавших видов.

За время этого «великого похода» (или процесса) человечество, естественно, приобрело много новых навыков. Мы научились выращивать нужные растения на высоте более 5000 метров над уровнем моря, защищаться от зимних холодов в горных ущельях, ловить рыбу в глубоководных районах Тихого океана, приручать и выращивать самых разнообразных животных и т. д. Более того, люди дошли до подсознательно понимаемой идеи «знание – сила», что заставило нас совершенствовать языки и средства коммуникации, обеспечивающие наше выживание. Мы продолжали развивать наш основной, «семейный» талант изготовления различных орудий, хотя, к сожалению, почти всегда изобретали меч раньше щита, а ракеты – раньше средств космической обороны.

Заселение планеты, конечно, изменяло даже внешний вид различных групп гоминид, так как на юге, например, кожа темнела для защиты от солнечного излучения, а на севере – светлела, способствуя образованию витаминов под воздействием света. В холодных областях планеты черепа становились круглее (поскольку шар, с точки зрения теплоотдачи, намного выгоднее любой другой геометрической фигуры), а в тропиках – более вытянутыми (для облегчения дыхания).

Однако, по мере заселения планеты, люди теряли чувство единства и связь друг с другом, так как в далекие путешествия за пределы Африки отправлялись лишь малые группы. Даже в наше время эмиграция является серьезным испытанием, о чем свидетельствуют многие факты из культурного наследия разных народов. В тексте известной ирландской народной песни «Дэнни бой» уезжающий в Америку парень как бы умирает для своих родных (в результате чего, кстати, эта мелодия часто ошибочно до сих пор воспринимается слушателями, как плач по погибшим на войне). Происходившие при этом существенные сдвиги в передаваемой генетической информации не компенсировались взаимными контактами (норвежцы не обменивались генами с мамелюками), что значительно увеличивало разнообразие характеристик, возникавших в результате разницы окружения и действия законов естественного отбора.

Возможно, именно благодаря таким процессам и сформировались главные физические типы людей, которые мы

привыкли называть расами. Эдвард О. Вильсон в книге «Разнообразие жизни» пишет, что «…сейчас многие антропологи, вслед за биологами, начинают отказываться от использовавшегося раньше формального преставления о подвидах и предпочитают удобные названия для обозначения некоторой популяции, отличающейся одним или двумя признаками». Отличия, ранее именовавшиеся расовыми, сейчас рассматриваются в качестве локальных характеристик, связанных с географическим местом обитания и вызванных процессами оптимального приспособления к окружающей среде, размножения и выживания.

Конечно, необходимо отметить, что предложенная выше общая картина развития человечества не является единственной или бесспорной и продолжает до сих пор вызывать научные и социологические споры. Например, некоторые ученые полагают, что различные популяции *Homo sapiens* смогли развиться в различных частях планеты примерно в одно и то же время, так что различия трех основных рас (белой, желтой и черной) связаны с различной средой формирования вида. Эта идея, которую иногда называют теорией развития «вне Африки», не является популярной в научной среде, однако ее сторонники надеются в будущем осуществить грандиозный проект по изученю модели миграции под названием «Разнообразие человеческого генома», который позволит проанализировать генетические наборы людей различных континентов. Впрочем, такой весьма дорогостоящий проект вряд ли будет когда-нибудь реализован, хотя бы по той простой причине, что население так называемого третьего мира гораздо больше нуждается в пище и медицинском обслуживании, чем в экспериментальном изучении их геномов.

Кроме того, при генетическом картировании рас и народов возникает ряд серьезных этических вопросов. Например, обследование может выявить некую генетическую предрасположенность крупных популяций или некоторых групп населения к вполне определенным заболеваниям (диабет, рак, шизофрения), и полученные знания могут быть использованы для улучшения системы медицинского обслуживания и более эффективного распределения ресурсов. Однако, с другой стороны, публикация информации такого рода может оказывать негативное воздействие на межнациональные отношения. История показывает, что человеческая раса в целом с трудом и зачастую неверно воспринимает некоторые виды информации, так что не следует безответственно и сразу публиковать, например, данные о том, что представители каких-то этнических групп имеют повышенную предрасположенность к каким-то

заболеваниям.

***

По мнению специалистов, первые люди появились в Европе примерно 40 000 лет назад, что по многим косвенным данным примерно соответствует эпохе упадка и вымирания неандертальцев. Кроманьонцы, останки которых находили во Франции, составляли некий авангард людей современного типа *H. sapiens,* продвигавшихся на запад к Атлантическому океану. Похоже, что до этого они жили в соседстве с неандертальцами в некоторых местах Ближнего Востока (в одной из раскопок антропологи наткнулись на могилу ребенка-неандертальца с элементами похоронного обряда, что позволяет даже предположить наличие у неандертальцев каких-то представлений о загробной жизни). В Центральной Европе такое соседство продолжалось недолго, и примерно 30 000 лет назад неандертальцы окончательно исчезли – ученые связывают это с ухудшением климата. По-видимому, они не смогли приспособиться к какому-то изменению окружающей среды, требовавшему смены привычных навыков охоты или миграции. Небольшой сенсацией на какое-то время стало обнаружение останков предполагаемых смешанных потомков неандертальцев и кроманьонцев (напомню, что они относятся к разным биологическим видам), но позднее эти результаты не подтвердились.

Открытия последних лет, основанные на новейших достижениях генетики и биологии, позволили решить множество старых проблем, но, одновременно, создали новые, не менее серьезные. Например, остается совершенно непонятным генетическое различие, существующее между некоторыми конкретными этническими и культурными группами Африки и всем остальным человечеством вида *H. sapiens,* включая окружающие их африканские народности. Некоторые из выделенных этнических групп явно демонстрируют близость к каким-то центрам зарождения человеческой расы и каким-то первичным генным структурам.

По-видимому, мы никогда не узнаем точно, почему возникают или исчезают биологические виды и как они соотносятся друг с другом. Если роль случайных факторов велика, то, возможно, наука никогда не сможет дать ответы на

некоторые вопросы, хотя бы потому, что она не занимается описанием сверхредких, необычных событий, а изучает стандартные, воспроизводимые ситуации, подчиняющиеся твердо установленным правилам.

Современная наука считает, что одинаковые биологические виды не могут возникать в нескольких местах одновременно или даже в разные периоды времени. Была лишь одна возможность выжить, так что вид Homo sapiens возник лишь однажды и в определенном месте, что и соответствует единственному факту зарождения одного нового биологического вида. Подобно всем нашим биологическим предкам, у нас был шанс умереть или дать выжить другим (в конце концов, смерть или вымирание тоже являются неким единичным актом).

Все это непрерывное совершенствование и соревнование генов, представляющих собой некие биологические «тексты жизни», записанные в ДНК лемура или человека, соответствуют лишь очень краткому моменту в истории нашей планеты. История жизни на Земле с момента появления на планете самых первых живых клеток началась примерно 4 миллиарда лет назад и может быть сведена к истории зарождения, развития, разветвления и гибели различных систематических групп. Какие-то систематические группы уверенно господствуют на планете веками, а затем исчезают бесследно, какие-то существуют и развиваются до сих пор. Трудно даже представить, что миллиарды лет развития Вселенной, 4,5 миллиарда лет геологических процессов образования нашей планеты имели своей целью всего лишь создание в течение последних 5 миллионов лет гоминид, и человека в частности. Именно это утверждает одна вполне серьезная научная теория, так называемый антропологический принцип. Возможно, дело обстоит именно так, но лишь… до следующего изменения!

Глава 9

Тьюринг и соревнование человеческого мозга с компьютером

Способность мыслить и логически рассуждать всегда казалась совершенно очевидной гранью, отделяющей людей от всех остальных живых существ, поскольку именно она, несомненно, позволила человечеству «завоевать» планету (не будем затрагивать проблему долговечности и прочности такого завоевания). Похоже, что эта способность сделала нас также единственным биологическим видом, которому свойственно само ощущение историчности процессов, что и заставляет нас настойчиво искать в прошлом причины и истоки происходящих событий.

Однако в XX веке неожиданно выяснилось, что человечество не обладает монополией на процессы мышления или, по меньшей мере, не может сохранять эту монополию в близком будущем. Бурное развитие кибернетики привело к тому, что вычислительные машины значительно «поумнели» и вообще стали играть все более существенную роль в нашей жизни (отмечу, например, что в настоящее время компьютеры потребляют около 6% всей производимой в США электроэнергии). Людям давно пора задуматься о том моменте, когда способность компьютеров думать, приспосабливаться к окружению и создавать новые понятия достигнет того самого уровня, который определил дальнейшее развитие первой группы существ нового биологического вида *H. sapiens.* Кстати, будем ли мы по-прежнему считать компьютеры машинами, когда искусственный интеллект будет создан на основе органических материалов?

С другой стороны, развитие ЭВМ неожиданно выявило недостаточность наших знаний относительно самого процесса мышления. Основан он просто на способности мозга производить точные расчеты (так сказать, мыслить логически) или включает в себя также некий механизм «нечеткого мышления», позволяющий воспринимать и перерабатывать явно неполную и «нечеткую»

информацию, поступающую в мозг от реально существующего мира? Какое из этих свойств является более важным?

В своем стремлении постоянно выискивать и подчеркивать различия между работой мозга и компьютера мы иногда странным образом напоминаем тех европейских ученых викторианской эпохи, которые никак не могли смириться с тем, что человечество могло возникнуть не в Европе, а в Африке. Мы уже давно осознали, что ЭВМ давно обогнали нас по скорости и эффективности расчетов, и лишь иногда ворчим по поводу того, что компьютеры гудят (или, по обычному выражению, даже хрюкают) в процессе работы. Некоторые ситуации явно ставят нас в тупик. Например, должны ли мы радоваться или огорчаться, когда созданный специалистами фирмы ЮМ компьютер «БигБлю» обыгрывает (т. е. оказывается «умнее» или «разумнее») самого блестящего, гениального шахматиста-человека? За кого нам следует болеть в таком матче? Впрочем, нельзя не заметить, что в течение последних десятилетий теоретическая и практическая граница между работой мозга и компьютера становится все более незначительной и неопределенной.

В XVII веке Рене Декарт сформулировал свое знаменитое определение человеческой личности: «Я мыслю, следовательно, я существую». В настоящее время это изречение обретает новый и неожиданный смысл, поскольку в мире уже реально существуют объекты, способные мыслить гораздо лучше, чем многие люди, именно в том смысле, который и подразумевал великий французский математик и философ, но эти объекты не являются личностями. Компьютер мог бы сказать о себе: «Я мыслю, но не существую».

Машины не только изменяют нашу жизнь, но и вносят в нее новые идеи и представления. Недавно известный киноартист Том Хэнке сказал в телевизионной передаче, что у его нового фильма будет дискретная судьба, подразумевая «…либо полный провал, либо оглушительный успех,…ноль или единица, третьего не дано», и далекая от науки публика прекрасно поняла смысл фразы. Процесс, который называют компьютеризацией, дид-житализацией или цифровой революцией в информатике, сделал вычислительную математику привычной для огромных масс населения.

Еще 50 лет назад сама возможность «механического мышления» казалась шокирующей, загадочной и тревожной даже ученым, а в наши дни для миллионов людей компьютеры стали неотъемлемой частью жизни, работы и развлечения.

Первые вычислительные машины создавались для решения совершенно конкретной и довольно ограниченной задачи

(обеспечение сбора, записи и переработки больших массивов информационных данных) и представляли собой весьма громоздкие и ненадежные устройства, к тому же работавшие, по современным представлениям, крайне медленно. Основой их действия был упомянутый выше актером Хэнксом принцип дискретности, в котором все сводится к нулю или единице, но откровением для ученых стал факт, что этот принцип позволяет создать простые электромеханические устройства, способные моделировать человеческое мышление в самых разнообразных областях интеллектуальной деятельности.

Эффективность и производительность работы компьютеров возрастали настолько быстро и впечатляюще, что уже через несколько лет конструкторы и пользователи ЭВМ стали задавать себе неожиданные, но очень сложные вопросы. Знаменитая фраза Декарта подразумевала, что мышление эквивалентно сознанию, и соответствовала философскому дуализму самого Декарта, основанному на четком разделении мозга и сознания. Развитие компьютерной техники заставило ученых и философов увидеть новые аспекты этой дилеммы и задуматься о новых проблемах.

Можно ли вообще говорить об искусственном интеллекте? Есть ли в мозгу человека нечто большее, чем электрохимическая связь *{hardware* или железо, на жаргоне компьютерщиков) между элементами? Поиск и анализ различий в работе мозга и компьютера заставил задуматься и о принципах самого вычислительного процесса в различных системах, вследствие чего афоризм Декарта стал приобретать неожиданно новые смысл и значение.

Попытки переопределить и уточнить смысл термина «сознание» всегда приводят к сложным философским и научным размышлениям. Можно ли считать, что какими-то формами сознания обладают, например, домашнее растение (за некоторыми из них люди ухаживают и даже обращаются к ним с ласковыми словами) или собака, которая возбужденно прыгает, когда вы входите в дом? Понимает собака, которую вы решительным окриком сгоняете с кресла, ваши желания и команды или просто подчиняется некоторым выученным правилам поведения? Подавляющее большинство людей уверено, что их домашние животные и человекообразные обезьяны обладают каким-то разумом и сознанием, но никто не предполагает наличия таких же свойств, например, у лягушек, золотых рыбок в аквариуме или оленей в лесу. Кроме этого, разговоры о разуме и сознании заставили ученых вновь вспомнить о проблеме так называемых зомби, т. е. существ, во всем подобных человеку, но живущих по некоторой, заранее

заданной извне программе. Должны ли мы считать их мыслящими созданиями? Какая степень подражания сознательному поведению может считаться проявлением или доказательством разумности?

На все эти вопросы мы, по-видимому, никогда не получим окончательного и исчерпывающего ответа, но вот уже почти сто лет они имеют реальную значимость и стали предметом мучительных размышлений философов и кибернетиков, причем не только из-за возможности возникновения «сознания» у компьютеров, но и вследствие очевидного сходства структур и самих процессов обработки информации в столь разных объектах, как ЭВМ и мозг человека. Споры об искусственном интеллекте заходят очень далеко, вплоть до обсуждения вопроса о восприятии боли компьютерами или их способности понимать хитросплетения человеческой мысли (поймет ли когда-нибудь компьютер фразу типа «месть -это блюдо, которое становится вкуснее остывшим»?), но стоит вспомнить, что все эти проблемы возникли только после того, как первые вычислительные машины действительно продемонстрировали, что почти любая человеческая мысль может быть представлена в виде некоторой комбинации всего двух цифр, нуля и единицы.

Джей Форрестер

В начале сороковых годов, когда США «перековывали орала на мечи», выпускник знаменитого МТИ (Массачусетского технологического института) Джей Форрестер начал заниматься проблемой создания нового типа тренажеров для пилотов морской авиации. Это устройство должно было экономить массу

времени для подготовки молодых летчиков и сберегать дорогостоящую авиационную технику, позволяя максимально близко имитировать условия реальных полетов и осуществлять тренировку курсантов на земле. За годы Второй мировой войны было создано целое поколение подобных моделирующих устройств (имитаторов, тренажеров и т. п.), для работы которых необходимо было научиться очень быстро решать системы из сотен математических уравнений, описывающих не только реальную обстановку, но и мгновенные действия пилота, реагирующего на конкретные изменения обстановки при сложных маневрах летательного аппарата. Такие тренажеры уже фактически представляли собой простые компьютеры, способные взять на себя подачу сигналов к электромеханическим приводам или различным автоматическим устройствам.

Форрестер не стал заниматься усовершенствованием уже существующих тренажеров, а создал для военных целей совершенно новую электронную систему, а именно компьютер под кодовым названием Whirlwind (Вихрь), характерной особенностью которого был полный отказ от привычной десятичной системы счисления. Использованная Форрестером двоичная система содержала лишь два числа (0 и 1), и этот прием, кстати, не представляет собой ничего таинственного или сложного для математиков. Строго говоря, единственное преимущество десятичной системы счисления заключается в привычном нам числе пальцев на собственных руках, но даже это обстоятельство не является существенным. Например, математики древнего Вавилона весьма успешно пользовались системой счисления, основанной на базовом числе 12, которую мы до сих пор без особых сложностей продолжаем применять для измерения времени и углов в геометрических построениях (читатель может вспомнить градусы в тригонометрии и т. п.).

Двоичная система оказалась исключительно удобной для применения в компьютерах. Собственно говоря, сама идея использования последовательности ответов типа да/нет для выражения любой человеческой мысли принадлежит английскому математику Джорджу Булю, который еще в середине XIX века сформулировал свои так называемые «законы мышления». Очень упрощенно идеи Буля сводились к тому, что любая мысль (независимо от ее сложности или глубины) может быть выражена наборами всего лишь двух категорий, а именно: «истинно» или «всё» (эту категорию можно обозначить через 1) и «ложно» или «ничто» (обозначаемое через 0).

Известный философ Людвиг Витгенштейн, глубоко понимавший идеи Гёделя и других великих ученых XX века, в

своем знаменитом «Логико-философском трактате», опубликованном в 1921 году, писал: «…то, что нельзя описать словами, должно быть преодолено молчанием», подразумевая под этим, что очень многое в мире не может быть выражено средствами человеческого языка, а может быть представлено лишь в виде некоторых картин или образов. Степень осознания или «понимания» в этом случае обусловлена совпадением создаваемых нашим мозгом картин с «отражаемыми» образами внешнего мира.

Идеи такого рода в значительной степени повлияли на знаменитого математика Джона фон Неймана, который в начале 40-х годов предложил концепцию вычислительной машины с хранимой программой *{stored program computer),* что стало выдающимся достижением в истории кибернетики и позволило компьютерам «отражать действительность». Фон Нейман также показал, что упомянутая выше бинарная логика может быть объединена с обычной арифметической и использована для создания так называемой оперативной памяти компьютера *{internal memory),* т. е. устройства, обеспечивающего хранение данных и выполнение инструкций по их обработке. Описанным выше значениям 1 и 0 бинарной логики в таких компьютерах соответствуют состояния «включено» и «выключено» простых устройств (типа электронных ламп), в результате чего система может не только сохранять информацию, но и обрабатывать ее с высокой скоростью, выдавая по требованию результаты расчета. В принципе, подход фон Неймана позволяет записать в формальном математическом виде почти любую, даже очень сложную человеческую мысль.

Переход от десятичной системы счисления к двоичной может показаться чем-то таинственным для малоподготовленного читателя, но это является, в сущности, очень простой операцией. В такой записи используются всего две цифры (0 и 1), а при переходе к следующему разряду (справа налево) необходимо умножить цифру на соответствующую степень числа 2, после чего сложить результаты. Например, число 110101 представляет собой сумму вида (1 + 0-21 +1 -22 + 0-23 + 1 -24 + 1 -25 = 1 + 0 + 4 + 0 + 16 + 32 = 53), число 10000 = 0 + 0-21 + 0-22 + 0-23 + 1 -24 = 16) и т. д. Эту форму записи легко освоить, и она оказалась исключительно удобной для работы компьютеров.

Разработанный Форрестером тренажер сначала не получил широкого признания, но начатое им усложнение аппаратуры и оборудования со временем развилось в серьезное направление техники, позволившее позднее автоматизировать системы противовоздушной обороны, организовать управление посадкой

космических кораблей на Луну и Марс и т. п., не говоря уже об автоматизации обработки банковской информации, оплаты телефонных счетов и даже организации увеселительных мероприятий и вечеринок. Основные принципы управления этими разнообразными системи и процессами остались прежними, а изменилось только техническое оснащение. В наши дни производство микроэлектронных устройств стало настолько важной и неотъемлемой частью национальной экономики, что многие американцы вкладывают в акции высокотехнологических компаний свои сбережения и пенсии. Однако не стоит забывать, что все эти сверхминиатюрные чипы и устройства, в сущности, всего лишь быстрее и эффективнее перерабатывают информацию по очень старым принципам, разработанным еще в 40-х годах для первых вычислительных машин с их громоздкими, хрупкими и постоянно перегревающимися электронными лампами.

Однако технический прогресс и практическое применение вычислительных машин в различных областях не давали ответа на основополагающие вопросы, продолжавшие мучить разработчиков. Стали компьютеры действительно «умными» (как постоянно уверяют нас рекламные клипы) или мы просто сделали их более удобными, разносторонними и перестраиваемыми? Можем ли мы четко различить эти понятия? Каковы критерии разумности?

***

Огромное значение для развития компьютеров имели работы английского математика Алана Тьюринга. Во время Второй мировой войны он стал национальным героем и внес существенный вклад в победу над фашизмом, сумев создать дешифратор и «взломать» коды знаменитой немецкой шифровальной машины Энигма, что давало союзникам стратегическое преимущество в разработке военных операций. Однако не менее важным достижением Тьюринга следует считать предложенный им еще в 1936 г. проект вычислительного устройства (так называемой универсальной машины Тьюринга), на концептуальной основе которого до сих пор работают все современные цифровые компьютеры (к сожалению, он умер в 1954 г., так и не увидев свое детище воплощенным в реально действующее электронное устройство).

Среди прочих идей Тьюринга необходимо выделить

знаменитую «задачу остановки», невольно заставляющую вспомнить о теоремах Гёделя. Тьюринг сумел строго доказать, что существуют вычислительные процедуры, когда невозможно предсказать момент «остановки» машины, соответствующий завершению работы заложенной в нее программы. В некоторых случаях машина в поисках решения будет продолжать вычисления бесконечно долго, но невозможно также создать контрольную программу, позволяющую проверить все остальные программы и выяснить, какая из них должна «остановиться».

Тьюринг был совершенно уверен, что проектируемые им устройства быстро станут «сообразительными», и в 1950 г. предложил мысленный эксперимент для определения «разумности» ЭВМ, получивший широкую известность и название «теста Тьюринга». В процедуре испытания (которое может быть названо «игрой в имитацию») используется компьютер, но читатель легко может представить и даже провести его, пользуясь уже привычной многим электронной почтой *(e-mail)*. Подумайте над тем, каким образом вы, собственно, можете определить, что ваш собеседник на чате является человеком? Почему вы считаете, что полученное по электронной почте сообщение прислано человеком, а не автоматическим устройством? В сущности, мы решаем этот вопрос для себя в процессе диалога, полагая, что разумность и уместность ответных писем являются прямым свидетельством разумности собеседника и доказательством его человеческой природы. Именно такое, чисто человеческое испытание и предложил Тьюринг – машину следует считать «мыслящей», если она может адекватно отвечать на вопросы и вести заочную беседу, обманывая собеседника-человека. Иными словами, чтобы машина могла общаться с человеком, она должна научиться «думать» на уровне человека.

В этом тесте неявно подразумевается, что сознание является продуктом работы мозга, т. е. считается, что можно «скопировать сознание», смоделировав работу некоторых отделов мозга или, по крайней мере, той части нервных клеток, которая ответственна за возникновение «сознания». Пока ни одна машина не может пройти тест Тьюринга, но если это когда-нибудь произойдет, не стоит сразу считать ее «мыслящей», поскольку многие специалисты полагают, что компьютеры учатся не мыслить, а подражать человеческому сознанию благодаря соответствующей переработке информации, подобно тому, как они обучаются моделировать виртуальные события (например, ракетную бомбардировку Багдада или трансформацию человеческого лица после предполагаемой пластической операции). (К моменту публикации английского оригинала (примерно через полгода)

виртуальные бомбардировки Багдада стали реальными, как бы иллюстрируя основную идею автора о неизбежности изменений. – *Прим. перев*)

Для доказательства этой идеи философ Джон Сирл в одной из своих книг предложил еще один забавный мысленный эксперимент (получивший название «китайской комнаты»), при котором условия теста Тьюринга в некотором смысле «выворачиваются наизнанку», т. е. испытанию подвергается не машина, а человек. Представьте, что мы пытаемся оценить «разумность» человека, запертого в изолированной камере (китайской комнате) и переговаривающегося с окружающим миром посредством записок, передаваемых через щель в двери. Он получает вопросы, написанные совершенно непонятными ему китайскими иероглифами, однако в комнате есть толстенный китайский справочник, содержащий огромное количество вопросов и достаточно пространные и убедительные ответы на них. Старательно перелистывая справочник, испытуемый каждый раз находит в нем комбинацию полученных им снаружи знаков, а затем столь же старательно копирует знаки, соответствующие ответу. Обмен такими записками может представлять собой вполне разумную и даже интересную беседу на изысканном, так называемом мандаринском диалекте китайского языка, хотя испытуемый не имеет представления или «понимания» о предмете беседы, так что он фактически ведет себя подобно автомату. Этот воображаемый диалог отличается от обычного человеческого лишь тем, что, когда испытуемый отвечает, например, на вопрос о гастрономических достоинствах утки по-пекински, у него не начинается рефлекторное выделение слюны, поскольку он не представляет предназначение и внешний вид предмета разговора. Фактически человек в этой ситуации бездумно получает, перерабатывает и выдает информацию, выполняя одну из самых стандартных функций компьютера. Другими словами, он удовлетворяет тесту Тьюринга. Невидимый нам объект (человеческая личность или компьютер?) может говорить по-китайски без всякого участия сознания или понимания, а лишь следуя набору заданных инструкций, подобно процессору компьютера. В китайской комнате человек только говорит на каком-то языке, но вовсе не «думает».(Предлагаемый Сирлом эксперимент излишне осложняется тем, что иероглифы передают не столько фонетику, сколько смысл. На практике люди, владеющие иероглификой, но говорящие на разных языках (например, японцы и китайцы или просто жители разных провинций Китая), достаточно легко общаются «письменно». Интересно, что таким способом проще говорить об абстрактных

понятиях (например, о математике), чем на бытовые темы. – *Прим. перев*)

Несмотря на все сложности с определением сознания и разумности, мысль о возможности создания «думающей» машины всегда оставалась заветной мечтой конструкторов ЭВМ. Сенсацией 1954 года (вызвавшей большой ажиотаж не только среди специалистов, но и среди инвесторов) стало создание устройства Персептрон, фотодетекторы которого могли различать отдельные буквы, составляющие слова текста, в качестве подлежащей переработке информации. Это стало важным этапом в развитии компьютеров, однако никто не рискнет утверждать, что Персептрон научился «читать» или «понимать» текст в действительности.

Персептрон во многом не оправдал возлагавшихся на него надежд, но с него началось интенсивное развитие целого семейства компьютеров, приведшее в конечном счете к созданию многих современных устройств, умеющих не только сканировать печатный текст и читать его вслух, но и распознавать звуки, складывать из них слова и даже частично «понимать» человеческую речь. Многие достижения в этой области впечатляют, но любой из нас, кто имел дело с любой, даже самой современной программой распознавания голоса и пытался что-то надиктовать с ее помощью, мог лично убедиться в причудливости возникающих ошибок, невольно заставляющих вспомнить мысленный эксперимент Сирла с китайской комнатой. Иногда из-за забавных и странных опечаток и ошибок возникает даже ощущение, что компьютеры обладают каким-то особым чувством юмора, однако очевидно, что они действительно не понимают смысла расшифровываемой речи и печатаемых фраз. Точность регистрации и распечатки устной речи самых лучших программ сегодня достигает 80%, однако необходимо учесть, что они пока не могут различать голоса отдельных людей.

Весьма забавный подход к проблеме и исследованию искусственного интеллекта был развит в 60-х годах станфордским психиатром Кеннетом Колби, специалистом по параноидальным расстройствам психики. Одна из созданных им компьютерных моделей (программ, имитирующих поведение отдельной личности) соответствовала параноику, страдающему манией преследования, условно именуемому Пэрри. Он играет на скачках, боится мафии и постоянно переводит разговор на эту тему, примером чего может служить приводимый ниже отрывок беседы «Пэрри» с «психиатром» (реплики компьютера набраны курсивом):

Психиатр. Вы боитесь преступного мира?

Пэрри. *Мафия - самые страшные гангстеры.*
Психиатр. Вы связаны с ними?
Пэрри. *Видите ли, они меня знают.*
Психиатр. Откуда они вас знают?
Пэрри. *Они следят за мной.*
Психиатр. Почему?
Пэрри. *Хотят сочинить что-то обо мне, чтобы меня посадили.*
Психиатр. Что они имеют против вас?
Пэрри. *Они хотят со мной покончить.*
Психиатр. Почему?
Пэрри. *У меня есть против них кое-какие улики.*

И так далее. Легко заметить, что каждый ответ Пэрри «запускается» каким-то словом предыдущего вопроса, но имеет собственную, личную и не вполне нормальную направленность. Если вы регулярно ездите в нью-йоркской электричке и привыкли краем уха слышать бесконечные и бестолковые разговоры по мобильным телефонам, то вам придет в голову, что такая программа вполне способна пройти тест Тьюринга на разумность. Пока ни одна ЭВМ не способна «выдавать себя за человека» в заочном диалоге со специалистами, однако программы постоянно совершенствуются и обрастают различными реалистическими деталями, так что можно не сомневаться, что рано или поздно такая ЭВМ будет создана.

В связи с проблемой разумности ЭВМ особо следует рассмотреть длительное и постоянно приковывающее внимание общественности соревнование между человеком и компьютером на шахматной доске. Сенсационная победа компьютера ДипБлю над чемпионом мира Гарри Кас-паровым в 1997 году (счет 2:1, при трех ничьих) вовсе не означает, что этот компьютер проскочил тест Тьюринга. Машина запрограммирована на угадывание возможных ходов противника и оценку позиции (т. е. сравнение недостатков и преимуществ построений фигур). Эти расчеты или функции весьма сложны, но они остаются всего лишь расчетами, так что мы вновь имеем дело с каким-то «китайским справочником», где даны подробные инструкции относительно конкретных ответов в конкретных ситуациях. Шахматы при таком подходе перестают быть свободным соревнованием интеллектов и изобретательности, а превращаются в состязание инструкций, записанных на непонятном языке. Компьютер вновь получает способность «говорить», а вовсе не «мыслить»! Машина ДипБлю умеет очень хорошо «говорить на шахматном языке», не задумываясь о смысле происходящего. (В качестве иллюстрации сложности проблемы следует отметить, что победа компьютера над гроссмейстером действительно еще не означает «понимания»

идей шахматной игры, поскольку существуют позиции (которые правильно разыгрывают даже малоквалифицированные шахматисты), «недоступные» стратегии ЭВМ. Примеры таких позиций и анализ проблемы понимания (наряду с многими другими, затрагиваемыми выше) подробно рассматриваются в книге Р. Пенроуза «Большое, малое и человеческий разум», М., «Мир», 2004. – Прим. перев)

В более простые игры, поддающиеся более строгому расчету, машины научились играть значительно раньше: например, компьютер обыграл чемпиона мира по триктраку (нарды) еще 20 лет назад. Многие другие достижения в компьютерной технике, которые часто приводятся в качестве примеров проявления искусственного интеллекта, также являются всего лишь удачно составленными наборами инструкций, т. е. «китайскими справочниками», позволяющими «говорить без понимания». Машины прекрасно говорят на простых языках кредитных карточек (т. е. считывают номера и цифры, а также легко определяют фальшивые карты), фармацевтических рецептов (считывают названия, проверяют сроки годности лекарств и даже сверяют назначения врача с медицинскими справочниками) и т. п., но все это не делает их разумными.

Судьба самого Тьюринга, человека исключительно одаренного и одновременно очень болезненного и противоречивого, оказалась крайне трагической. Он открыто объявил себя гомосексуалистом, что не только уголовно преследовалось в послевоенной Англии, но и вызывало у спецслужб сомнения в его лояльности и благонадежности, вследствие чего он провел год за тюремной решеткой и был подвергнут принудительному «органотерапевтическому» лечению, которое должно было вернуть ему нормальную сексуальную ориентацию. К несчастью, лечение было экспериментальным и включало в себе инъекции новых, непроверенных препаратов, что привело к нарушениям психики и импотенции.

Через год после курса лечения Тьюринга нашли мертвым в собственном доме, после чего официальной версией его гибели стало самоубийство (перед смертью он съел яблоко, начиненное цианистым калием), но многие его друзья намекали на убийство, организованное секретными службами собственной страны. (Необычность судьбы и дарования Тьюринга легли в основу сюжета многих кинофильмов и книг (не говоря уже о знаменитой истории захвата системы «Энигма»). В связи с упоминаемым гомосексуализмом Тьюринга интересно, что в исходных вариантах теста Тьюринга критерием «разумности» собеседника

выступала способность определить пол, т. е. машина должна была научиться отличать мужчин от женщин в ходе заочной беседы, что явно усложняло задачу. – Прим. перев)

Возможно, когда-нибудь компьютеры действительно станут настолько разумными, что займутся писанием романов и драм о собственной жизни, и тогда мы поймем, о чем они действительно думают и что чувствуют. С другой стороны, понимание принципов работы ЭВМ уже сейчас позволяет нам по-новому взглянуть на многие проблемы, относящиеся к нашему собственному сознанию, так как изучение механизмов вычислительных операций в компьютерах дает нам некоторое представление о процессах мышления в мозгу человека.

Выше уже упоминалось, что философский дуализм Декарта диктовал ему разделение ума и сознания. На самом деле, эта идея является традиционной, и очень многие мыслители прошлого тоже рассматривали мозг и мышление раздельно. Средневековые ученые полагали, что в мозгу просто обитает микроскопическое человекоподобное существо, называемое *гомункулюсом,* которое и ответственно за возникновение новых мыслей. Эта идея кажется наивной, однако и в двадцатом веке многие философы доказывали, что сознание обусловлено не физическим состоянием мозга, а чем-то иным, возможно, даже находящимся вне мозга. Гильберт Райли издевательски называл такие идеи представлением о «призраке в машине», перефразируя известную формулу «бог из машины». (Проблема возникновения новых идей и мыслей является одной из основных в истории философии и восходит еще к Сократу, который объяснял афинянам, что мысли подсказывает ему некий «демонион», дух внутри головы. В науке эта проблема усложняется наличием явного «эффекта одновременности» возникновения новых теорий (включая самые великие), ярким примером чего являются многолетние судебные разбирательства между гениальными математиками Ньютоном и Лейбницем. -Прим. перев)

Однако, отказываясь от гомункулюсов и призраков, современным ученым остается только предполагать, что это нечто, столь решительно отличающее нас от всех остальных живых существ, должно быть основано на электрохимических структурах и функциях мозга. Именно так и считают специалисты в области нейробиологии, тем более, что в этом случае мыслительные процессы при передаче нервных импульсов могут быть полностью (или хотя бы метафорически) уподоблены механизму вычислений в компьютере, основанному на принципе да/нет (включено/выключено).

При таком подходе мозг и сознание действительно ничем не

отличаются, так что человеческое сознание (или, если угодно, человеческая личность) представляет собой именно и только мозг, т. е. набор клеток (от 100 миллиардов до 1 триллиона нейронов и так называемых глиальных клеток) общим весом около полутора килограммов. В этом определении явно не хватает чего-то очень важного и очевидного, обычно именуемого душой или свободой воли, но именно этого ученые не обнаружили и обсуждают такие понятия только вне научных лабораторий. Личность – это только мозг и ничего более.

Наш мозг, подобно обычному компьютеру, умеет хранить и перерабатывать информацию в соответствии с некоторыми алгоритмами (т. е. выполнять заданные операции, преобразующие поступающий входной сигнал в соответствующий выходной сигнал), а также вырабатывать и подавать команды к действию. Каждый из нейронов мозга (напомним, что нейрон представляет собой группу или скопление клеток, число которых сравнимо с числом звезд во Вселенной) способен получать и посылать сообщения, причем они отличаются высокой специализацией, согласованностью и скоростью работы, поскольку даже самое простое движение организма типа вздоха должно регулироваться несколькими десятками нейронов.

Обычно сигнал передается от нейрона по длинным отросткам или волокнам (аксонам), а содержание сигнала определяется информацией, поступающей в нейрон от целой сети еще более тонких отростков (дендри-тов), образующих вокруг нейрона разветвленную и непрерывно растущую сеть. Дендритные структуры между соседними нейронами контактируют и соприкасаются, что и позволяет им постоянно обмениваться информацией. Нервные импульсы передаются за счет диффузии особых молекул (так называемых нейромедиаторов) через клеточные структуры, называемые синапсами. В зависимости от специфики выполняемых функций и положения в нервной системе, средний нейрон может иметь от 100 до 10 000 синапсов, обеспечивающих его связь с другими клетками мозга.

Нервные клетки создаются в соответствии с генетической информацией, заложенной в индивидуальной ДНК каждого человека, однако в одном отношении они существенно отличаются (к нашему великому сожалению) от всех остальных типов клеток организма. Дело в том, что все остальные клетки (от обычных, типа ногтей или крови, до смертельно опасных раковых) непрерывно размножаются делением, а нейроны лишены этой способности, в результате чего их число в организме непрерывно уменьшается, так что любой человек за сутки своей жизни теряет примерно 200 000 нервных клеток. Неспособность

нервных клеток к делению (нейрогенезу) традиционно считалась их характерной особенностью, поскольку даже при раковых заболеваниях, механизм развития которых основан именно на размножении больных клеток, в мозговых тканях делятся только глиальные клетки, образующие побочные структуры нейронов. Однако полученные в 1998 г. данные вдруг продемонстрировали возможность возникновения даже в преклонном возрасте дополнительных нейронов, (по крайней мере, в двух отделах мозга – в ольфак-торной луковице и гиппокампусе. Позднее такая возможность была показана и для других отделов мозга, хотя остается неясной как роль образующихся нервных клеток, так и их способность создавать необходимые связи с соседними нейронами.

Ученые продолжают спорить о том, насколько опасным для человека является описанное непрерывное отмирание нервных клеток, учитывая, что их общее количество является фантастически большим (сотни миллиардов и триллионы, что можно сравнить только с числом звезд во Вселенной). Представляется очевидным, что этот процесс является весьма индивидуальным, так как каждый из нас постоянно видит стариков, сохранивших отличную память и высокие интеллектуальные способности. Генетическая предрасположенность, безусловно, играет важную роль в снижении эффективности работы мозга, однако в целом нельзя забывать, что наши знания в этой области очень ограничены и в них «зияют провалы», которые можно уподобить описанным в главе 1 «пустотам» в межзвездном пространстве.

Совершенно таинственной остается, однако, способность мозга получать и обрабатывать информацию, а также рассылать сигналы, необходимые для выполнения обычных, но весьма сложных действий в повседневной жизни. Например, в данный момент вы одновременно держите книгу, читаете и осознаете текст, бессознательно сохраняете требуемое положение в пространстве, обдумываете прочитанное и как-то реагируете на него и т. д.

Каждый из нейронов представляет собой «страстного любителя» информации, жадно поглощающего и щедро распространяющего разнообразные послания, передаваемые электрохимическими импульсами. Процесс передачи очень сложен и не до конца понятен, но очень упрощенно может быть представлен следующим механизмом. В обычном состоянии каждая нервная клетка обладает некоторым, очень слабым электрическим потенциалом, создаваемым ее собственным зарядом. Поступление сигнала от соседней клетки приводит к

химической реакции в так называемом синапсе на границе клетки, что буквально на ничтожный промежуток времени (на одну миллионную долю секунды) изменяет потенциал конкретной точки. Если такие изменения происходят достаточно часто, то нейрон реагирует, пропуская сигнал дальше вдоль аксона, и электрохимическая система срабатывает!

А теперь попробуйте представить себе всю совокупность нервных реакций мозга и организма в момент, когда вы дотрагиваетесь до горячей плиты и отдергиваете руку (опытная хозяйка тут же ухватиться обожженными пальцами за мочку уха). Даже в этой, очень простой ситуации программа действий является весьма сложной, и она многократно усложняется при вождении автомобиля по оживленной автостраде в час пик, когда водитель непрерывно воспринимает информацию от массы внешних источников и почти немедленно реагирует на меняющуюся обстановку. Спасением является лишь то, что на часть информации человек реагирует бессознательно или «инстинктивно», однако в большинстве случаев наше сознание и поведение является комплексным и многогранным, т. е. требует быстрой оценки, принятия решений и нейромышечной реакции (иногда включающей речевую деятельность и т. д.). Современные компьютеры могут моделировать процесс управления самолетом с поразительной реалистичностью, но объем используемой при этом информации значительно меньше той, которая используется нашим мозгом при выполнении многих бытовых операций (например, покупки пакета молока в магазине).

Даже беглое знакомство со структурой мозга и способностью его клеток выполнять операции по принципу да/нет (включено/выключено) наводит на мысль о том, что мы имеем дело с очень сложным компьютером на основе органических материалов (сравнение можно считать просто расширенной метафорой). Это решение, кстати, вовсе не снимает и не решает вопроса о происхождении сознания, даже если мы «докапываемся» до самых глубинных механизмов зарождения мыслей и поступков. Дуализм философского подхода сохраняется, и мы обречены на размышления о том, вызывается ли чувство страха увеличением числа нейронов, накопивших информацию об опасности, или проскоком через нейронную сеть одного, но «срочного» сигнала «тревоги». Возможно, что в нашем сложном сознательном аппарате (мозг/компьютер) реализуются одновременно сразу два механизма оценки обстановки.

Предполагается, что эмоции возникают в мозгу после оценки ситуации с учетом всех событий, переживаний и реакций, которые как-то помогли «выжить» в сооответствующих

обстоятельствах предыдущей жизни, а некоторые специалисты даже считают, что в этот процесс вовлекаются молекулы наследственной ДНК, где «хранятся» какие-то совершенно древние воспоминания. Уже сейчас точно известно, что некоторые отделы мозга обладают своеобразной специализацией: например, какие-то участки явно сязаны с восприятием музыки, а возбуждение определенных центров приводит к одинаковым эмоциям или реакциям у самых разных людей и т. д. Аналогично, действие психотропных препаратов вполне рационально объясняется их воздействием на электрохимическую активность клеток мозга. Невропатологи уже давно умеют бороться со многими тяжелыми психическими заболеваниями (типа маниакальных психозов и т. п.), воздействуя на определенные участки мозговой коры или возбуждая их.

Задумайтесь о том, почему вам интересно читать о всех этих примерах, относящихся к работе мозга в качестве вычислительной машины? Ответ прост, поскольку причиной вашей любознательности выступает все та же страсть человеческого мозга к получению новой информации. Электрохимические информационные сети в нашем мозгу буквально ищут новые данные, стремятся получить и обработать новую информацию, а также сравнить ее с уже имеющейся (даже если эта информация относится к бесспорным или, напротив, очевидно абсурдным утверждениям). После этого мозг сортирует информацию, т. е. что-то отбрасывает в качестве ненужного хлама, а какие-то ее части запоминает или вводит в активную программу поведения. Естественно, что вся эта картина выглядит и является сугубо материалистической.

Однако следует задуматься и о том, что если мозг эквивалентен компьютеру, то в этой картине нет места вашему собственному сознанию, вашей личности. Человек в такой модели вполне может спросить себя: обладаю ли я лично хоть каким-то самосознанием вообще? Строго говоря, никто на свете не может дать обоснованный и ясный ответ, поскольку ученые и философы продолжают ломать голову над этой загадкой. В науке о сознании возникло даже целое научно-философское направление, полагающее, что наш мозг принципиально не обладает никаким реальным механизмом для определения и понимания своей собственной роли в процессах познания, вследствие чего мы никогда не получим никакого точного ответа на вопросы существования собственного сознания и личности. Эта концепция неожиданно заставляет вспомнить о том, что в древней Греции наиболее важные сведения и знания передавались только при особых церемониях, именуемых мистериями. Возможно, что дело

обстоит именно так, однако можно надеяться и на то, что в этом столетии мы станем свидетелями неожиданных открытий и прорывов в этом таинственном и притягательном направлении.

***

Вернемся к рассмотрению работы обычных ЭВМ разного типа и будем просто считать наш собственный мозг компьютером, который почему-то полагает, что он обладает некоторым автономным сознанием. Давайте задумаемся о том, что подразумевается под понятием «искусственный интеллект» в данной ситуации? В чем заключается различие? Где можно провести грань между работой мозга и компьютера?

Бросающееся в глаза отличие заключается в том, что в работе мозга используется так называемая нечеткая логика, поэтому для реального моделирования человеческого мышления в компьютеры необходимо ввести именно ее правила. Кстати, термин «нечеткая логика» не несет в себе ничего обидного, так как является строгим математическим понятием и, конечно, не подразумевает какую-то слабость или ущербность нашего мышления по сравнению с компьютерами. Скорее эта логика дает неоспоримые преимущества, поскольку позволяет работать с недостаточно точной информацией, которую мы и получаем из окружающего нас реального мира.

Например, когда на улице холодно или сыро, родители вполне резонно советуют ребенку одеться теплее. Совет прост и не требует для своей формулировки использования хитроумных построений современных информационных технологий, однако стоит вспомнить, что такой совет не может дать и сформулировать ни одна из существующих вычислительных систем мира. Дело в том, что работа ЭВМ основана на принципах классической логики (которая никак не связана с условиями человеческого существования), а совет основан именно на чисто человеческом ощущении категорий окружающего нас мира. Такие ситуации встречаются на каждом шагу, но мы привычно не замечаем возникающих трудностей и преодолеваем их. Что означает, например, широко используемое понятие «красный цвет»? В мире существует так много оттенков красного, что попытки их сколько-нибудь точного описания (например, с использованием спектральных характеристик) занимают целые тома, а объема памяти вашего персонального компьютера не

хватит даже для самой сокращенной их записи, не говоря уже об анализе.

Классическая логика основана на строгих правилах, поэтому операторы ЭВМ для определения понятия «холодно» должны не только вводить в машину точное значение температуры (или интервал температур), соответствующее этому понятию, но и учитывать массу побочных обстоятельств. Машина посоветует ребенку «одеться потеплее» лишь после того, как получит совершенно точные сведения о множестве побочных эффектов, связанных с погодой и здоровьем. Другими словами, нейронные связи в мозгу человека тоже пользуются нечеткой логикой, передавая друг другу расплывчатые и неточные, но совершенно реальные понятия типа «тепло», «холодно» или «сыро». Без этого наш мозг был бы постоянно в состоянии хаоса и перегрузки. Нечеткая логика, кстати, тоже требует оценки и описания характеристик, так что вы, например, можете приписать значение 1 ситуации с заведомо низкой температурой (т. е. ситуации точного «холода») и значение 0 – точному «теплу», после чего все дробные значения в интервале [0,1] будут соответствовать различным степеням понятия «холод».

Вычислительные машины, способные работать по принципам нечеткой логики, весьма успешно развиваются вот уже более 20 лет и уже нашли практическое применение, например они могут вполне разумно (т. е. не вдаваясь в излишние подробности и не будучи скрупулезно придирчивыми) оценивать параметры и характеристики промышленной продукции. В этом они вполне успешно подражают человеку, но пока не умеют выносить собственных суждений по многим вопросам. Человек как углеводородная форма жизни умеет делать и понимать то, что еще пока недоступно нашим кремниевым собратьям по разуму.

Существует еще одна исключительно важная разница между мышлением человека и компьютера – это присущая только людям способность принимать иррациональные решения. Компьютеры начинают учиться нечеткой логике, но они совершенно не понимают механизмов алогичного поведения, свойственного многим человеческим поступкам. Компьютеру очень трудно понять, например, почему женщина за рулем автомобиля вдруг вспоминает, что полчаса назад проехала мимо продавца лотерейных билетов, после чего вдруг расстраивается, говорит сама себе: «Кто не рискует, тот никогда не выигрывает!», поворачивает машину и мчится назад, чуть не плача от сознания, что продавец мог закрыть свою лавочку. В чем смысл такого чисто человеческого поведения? Неужели женщина действительно *подумала,* что потеряет шанс выиграть, если не успеет купить

билет? Какая часть нейронной сети производит такие расчеты? А может, в мозгу женщины сработала какая-то древняя программа «рискни, выиграй и получи удовольствие», сохранившаяся с незапамятных времен, когда ее предки-гоминиды дразнили саблезубых тигров и убивали их? Все эти рассуждения остаются совершенно недоступными компьютеру, хотя он, с другой стороны, может прекрасно провести расчеты вероятностей и понять, почему многие называют государственную лотерею «налогом на идиотов». Компьютер будет полностью прав в своих вычислениях, но покупатели лотерейных билетов тоже в чем-то правы, прислушиваясь к своему гомункулюсу, внутреннему голосу! (В последние годы одним из самых модных направлений современной нейропсихологии стало исследование так называемого «детектора ошибок», обнаруженного Н. Бехтеревой. Механизм его действия основан на существовании в мозгу особой «контрольной программы», прослеживающей поведение человека на бессознательном уровне. -*Прим. перев.*)

Начиная с 50-х годов одним из самых модных, интересных и загадочных направлений в кибернетике стало создание искусственного интеллекта и развитие связанной с ним так называемой когнитивной психологии или когнитивистики, науки о мышлении (от английского *cognition* – познание, способность к познанию). Своим рождением новая наука обязана, прежде всего, опубликованной в 1948 году книге Норберта Винера «Кибернетика», в которой автор утверждал принципиальное совпадение принципов работы вычислительной машины и человеческого мозга. Через несколько лет знаменитый лингвист Ноам Хомский написал книгу «Синтаксические структуры» (1953), в которой утверждалось, что в мозгу человека от рождения заложена некая «универсальная грамматика» языка, генетически передаваемая из поколения в поколение в течение веков. По мнению когнитивистов, эта грамматика и связанные с ней структуры возникли в результате длительной эволюции, и именно они обеспечивают необходимую для жизнедеятельности связь сознания с окружающим миром. Конечно, ребенок в детстве выучивает родной язык (совершенно неважно, английский или суахили), но даже это обучение становится возможным лишь благодаря некоторым фундаментальным, генетически заложенным в мозгу грамматическим концепциям и логическим структурам. Для описания детского мозга Хомский предложил красивый образ разомкнутой во многих местах электрической цепи, которая по мере взросления и развития «достраивается» и замыкается лишь несколькими возможными способами, причем электрические контакты (если продолжить метафору)

формируются в соответствии с уже имеющимися от рождения в мозгу исходными представлениями о языке.

Весьма близка к идеям Хомского (их иногда называют теорией генерирующих или порождающих грамматик) модель, развитая когнитиви-стом Джеральдом Эдельманом, который тоже предполагает, что в мозгу ребенка уже существует некий паттерн (шаблон, набросок или образ) будущих нейронных связей, который затем развивается в полноценную сетевую структуру. Вид этой структуры определяется личным опытом данного человека, т. е. индивидуальную нейронную сеть (если угодно, личность или индивидуальную комбинацию связей в мозгу) создают конкретная судьба и переживания данного человека. Личности при этом уже как бы получают от рождения одинаковый «инструмент познания», на основе которого впоследствии систематизируется информация от внешнего мира и создается «карта» познания или восприятия, соответствующая жизненному опыту. При этом в мозгу формируются паттерны некоторых специфических представлений, но основные структуры мозга являются наследуемыми, хотя и способными к некоторым трансформациям.

Очень упрощая ситуацию, можно сказать, что когнитивная психология использует «компьютерную модель» мозга для описания процессов познания в мозгу живого человека. Исследования в этой области, естественно, являются междисциплинарными и относятся одновременно к лингвистике, теории искусственного интеллекта, психологии и т. д., вследствие чего когнитивисты больше всего боятся «расползания» своей науки и стараются максимально ограничить область исследуемых явлений (например, они отказываются от изучения эмоций, считая их слишком сложными и неопределенными объектами). Рассматривая человеческое сознание в качестве вычислительного процесса и оперируя символами конкретных действий и структур, когнитивистика не нуждается, естественно, ни в каких дополнительных гипотезах (например, в идее существования в мозгу какого-то гомункулюса, прячущегося в тайниках нейронной сети и т. п.). Личность в этих теориях выступает в качестве некоторой наследственной структуры из клеток мозга, модифицирующейся под воздействием жизненного опыта в соответствии с требованиями окружения и некоторыми программами.

Мозг и компьютер в когнитивной психологии являются весьма похожими символическими системами, вследствие чего изучение работы компьютера становится эффективным инструментом изучения работы мозга, а некоторые когнитивисты

просто уподобляют человеческое сознание операционной системе ЭВМ. Продолжая сравнение с компьютером, можно считать, что сознание хранит информационные файлы и посылает в мозг сигналы тревоги при особых обстоятельствах (неотформатированная дискета! переполнение! и т. п.). С целью лучшего понимания работы мозга, а вовсе не для имитации этой работы, исследователи долго пытались учить компьютеры самым разным человеческим занятиям и навыкам, например переводу английских глаголов из одного грамматического времени в другое или моделированию движения пальцев при печатании на клавиатуре и т. п., но все эти эксперименты не приблизили их к решению главной проблемы – обнаружению того, что можно было бы назвать духом или «призраком в машине».

Сознание или мышление возникает из необходимости как-то «справиться» с познаваемым, и в этом смысле наличие «призрака в машине» (подразумевая под «призраком» именно сознание, в противоположность мозгу) не является, строго говоря, необходимым условием выживания нашего биологического вида, поскольку человек может прекрасно пользоваться «окружением», не вдаваясь в его подробное «осмысление». Например, многие физики-теоретики уверены, что почти 95% массы Вселенной относится к так называемой темной или скрытой материи, но мозг обычного человека прекрасно обходится без знаний обо всех этих сложных теориях устройства Вселенной.

Попробуйте окинуть мгновенным взглядом собственную комнату и оценить объем всей воспринимаемой информации (цвет, форма и расположение предметов, расстояния, освещенность, текстура и т. п.). Совершенно очевидно, что наш мозг получает огромное количество самой разнообразной информации даже в самом простом окружении (мебель, стопка журналов, полки книг, ряд бутылок на стойке бара и т. п.), и все это должно быть каким-то образом почти мгновенно оценено, проанализировано и учтено. Именно так работает органический компьютер в голове каждого человека, а ученый уподобляется тому телевизионному репортеру, который пристает к окружающим с дурацкими вопросами: «Что Вы думаете по этому поводу?» и «Как Вы себя при этом чувствуете?».

Наш мозг мгновенно перерабатывает без всяких дополнительных размышлений огромный объем информации с эффективностью и скоростью, совершенно недостижимой для всех известных вычислительных систем. Лучший из микропроцессоров на компьютерном рынке 2001 г. содержал около 42 миллионов транзисторов и имел производительность около 1,7 миллиарда операций в секунду, а конструкторы уже

работают над созданием транзистора толщиной всего в 3 атома и шириной порядка 70-80 атомов. При таких размерах начинают проявляться квантовые эффекты, что уже позволяет начать экспериментальные исследования квантовых компьютеров, в которых в качестве транзисторов будут выступать отдельные атомы. Под воздействием высокочастотного излучения атомы могут переходить из одного состояния в другое (из низкоэнергетического в высокоэнергетическое и обратно), что позволяет реализовать на атомарном уровне упоминавшуюся ранее бинарную систему (состояния 1 и 0), необходимую для создания любой вычислительной машины. Одно из чудес квантовой механики заключается, однако, в том, что атомы могут находиться в двух состояниях как бы одновременно, что позволяет фантастически повысить быстродействие вычислительной системы (например, компьютер, составленный всего из 40 упорядоченных атомов, сможет выполнять около 10 триллионов операций в секунду). Интересно, не приведет ли такой фантастический количественный рост скорости обработки информации к соответствующему качественному скачку, т. е. к появлению нового типа устройств, которые с полным правом могут быть названы нашими братьями по разуму?

Как уже отмечалось, когнитивисты предумотрительно отказываются даже изучать человеческие эмоции и другие «смутные», нечеткие характеристики личности, однако от этой проблемы трудно избавиться и, рано или поздно, ученым придется всерьез задуматься над реальностью или иллюзорностью человеческих представлений о чувствах и самосознании. Действительно ли каждый из нас является отдельной личностью и мечтает жить счастливо и бесконечно долго в общении с теми, кого он любит? В этой идее может быть вполне спрятана биологическая «уловка», связанная с эволюцией вида в целом. Очень возможно, что почти триллион нервных клеток, образующих человеческий мозг, просто «запрограммирован» на обеспечение биологического выживания, а сложные структуры/соединения нужны мозгу лишь для создания иллюзии существования какого-то собственного Я, что и позволяет сконцентрировать или «сфокусировать» усилия, поддерживающие существование и функционирование столь сложной системы на время, необходимое для выполнения заданных биологических функций всей совокупности клеток.

Изучение механизма работы компьютеров во многом разрушило человеческие представления о возможностях и исключительности собственного мозга. Эти размышления становятся особо острыми и серьезными, когда люди начинают

осознавать уязвимость своего самосознания под воздействием травм, психотропных препаратов или страшных болезней, что может привести к полному уничтожению личности и потере сознания вообще, так что, возможно, сознанием следует называть саму способность размышлять о сознании.

***

Моя мать провела последние годы в палате для пациентов с болезнью Альцгеймера, и мне довелось видеть различные формы проявления этой ужасной болезни, при которой люди постепенно теряют ощущение собственной личности. Некоторые из них постоянно спят, некоторые – непрерывно что-то поют (религиозные гимны или любовные песенки), ругаются или плачут. В палате с матерью долго лежала женщина со следами былой красоты и обаяния, на лице которой застыло выражение безмерного ужаса, так как она была убеждена, что все ее родные похоронены рядом, за окном. Единственной ее связью с миром оставалось чучело собачки, которую она непрерывно гладила дрожащими руками. Было странно осознавать, что это страшное разрушение человеческой психики обусловлено генетическим нарушением на молекулярном уровне, связанным, возможно, со сбоем режима работы всего трех генов, «перекрывающих» ничтожный промежуток в так называемом амилоидном покрытии. Возникшее нарушение беспрепятственно распространилось по всей «галактике» из сотен миллиардов нейронов и их связей, приводя к немыслимому разрушению всей сети и деятельности мозга, вплоть до способности человека узнавать самых близких. Какая ужасная судьба выпала этой женщине в гигантской лотерее жизни!

Я вижу свою мать, давно потерявшую способность что-либо воспринимать, замечаю иногда какую-то тень улыбки на ее лице (например, когда в поле ее зрения попадает ребенок) и понимаю, что какие-то связи в мозгу продолжают сохраняться. При этом я задумываюсь о том, скрыто ее самосознание где-то в глубинах мозга или оно действительно отмирает по мере разрушения участков мозга. В начальный период болезни, когда мать почувствовала первые грозные признаки беды, она стала страшно раздражительной и капризной, но позднее к ней пришла безмятежность, словно болезнь умиротворила ее и избавила от всех забот о собственной жизни и существовании. Мы думаем, что

она что-то сознает. Мы верим в это.

Никого из нас не оставляет безразличным идея о том, что в сознании нет никаких гомункулюсов или призраков, и что наше самосознание (все наши мысли, тайные стремления, мечты и удовольствия) представляет собой всего лишь некую последовательность электрохимических процессов в нейронных сетях мозга. Эта идея, образно говоря, является «вызовом на дуэль» не только науки или психологии, но и человеческой личности вообще.

В следующей главе сделана попытка оценить, в какой степени психиатрия и психология (т. е. анализ скрытых страхов, подавленных эмоций и психологических травм) применимы для изучения компьютерной модели мозга. Каким образом эти скрытые и неявные факторы могут воздействовать на механизмы мозга человека в обычном, нормальном и продуктивном режиме работы?

Глава 10

Фрейд, бессознательное и многое другое

Известно, что хирургическое вмешательство способно изменить характер личности. Удалив даже самый небольшой участок головного мозга, врачи часто сталкиваются с полным изменением поведения пациента: буйный помешанный превращается в очень милого и кроткого человека, а тихий меланхолик вдруг обращается в дикого зверя. Непонятной при таких превращениях остается проблема правильной идентификации личности. Следует ли считать реальной или истинной личность пациента до операции или после нее? Можно ли говорить об изменении личности? Можно ли пользоваться термином «сочетание личностей»? Вопросов такого типа в указанной ситуации можно сформулировать достаточно много, и все они будут основаны на том простом факте, что поведение и личность человека безусловно и очень сильно связаны с состоянием и строением его мозга. Всю историю человечество связывало конкретных людей с их поведением, и любой англичанин, например, привык называть имена своих великих монархов с соответствующими эпитетами: Эдуард Исповедник, Гарри Мудрый, Мэри Кровавая и т. п., не задумываясь о том, что небольшое хирургическое вмешательство сделало бы Гарри простаком, а Кровавую Мэри превратило бы в монахиню, отправившуюся в Калькутту спасать обездоленных (Основатель кибернетики Н. Винер очень интересовался этой проблемой. Будучи не только ученым, но и писателем, Винер даже построил на таком хирургическом вмешательстве сюжеты некоторых своих детективных рассказов. – Прим. Перев*)*

Личность человека неотделима от его мозга (точнее, от строения его мозга). Я и мой мозг существуем, потому что мозг думает, а я действую, хотя при таком подходе не очень ясно, где существую я сам и чем я, собственно говоря, являюсь. Строгие научные исследования мозга не могут пока ответить на эти

вопросы в общем случае, но в XX веке было много попыток понять и объяснить психические явления на уровне индивидуального поведения личности.

***

Термины и понятия психоанализа и психологии уже давно стали настолько привычными, что почти все представители западной культуры легко используют и сразу понимают соответствующие фразы и намеки (…чихание означает бессознательный протест,…его пугает интимная близость,…она невротичка на грани психоза,…их объединяет переживание повторяющейся травмы,…его выступление было сплошной оговоркой по Фрейду, и т. п.). Поклонники группы «Биттлз» не размышляют над точным смыслом известной фразы Джона Леннона: «…мне страшно надоело читать бред, который вечно пишут тупоголовые невротики и психи, именующие себя политиками».

Кинокомедии о психиатрах с Вуди Алленом в главной роли и привычные шутки на фрейдовские темы в коктейль-барах лишь отражают и усиливают нашу веру в истинность и значимость главного направления психологии двадцатого века. Большинство из нас уверено, что психоанализ является целостным и практически единственным методом изучения психики здорового или больного человека, забывая при этом, что история психоанализа от Фрейда до наших дней прошла в непрерывных и весьма ожесточенных спорах.

Оставляя в стороне проблему возникновения и функционирования сознания, можно констатировать, что человеческая личность (которую, подобно сознанию, тоже невозможно связать с телом или отделить от него) представляет собой набор индивидуальных способов поведения. Такое определение соответствует, по крайней мере, восприятию нашей личности окружающими, так как скрытые аспекты и свойства характера могут наблюдаться или изучаться лишь по мере их проявления в поступках или в отклонениях от привычного поведения.

Еще со времен Древней Греции (а возможно даже раньше, в эпоху появления первых гоминид в Восточной Африке) люди привычно подразделяли окружающих соплеменников на несколько характерных типов. Можно почти наверняка

утверждать, что уже в речи наших дальних предков существовали слова и определения типа «агрессивный» или «спокойный». В очень многих культурах и языках личность ассоциировалась с частями тела и особенностями организма, примером чего служит слово «сангвиник», связывающее физически и духовно сильный темперамент с кровью. В целом можно уверенно исходить из того, что между личностью и физическим строением человека существует устойчивая и тесная взаимосвязь.

В середине XIX века многие исследователи уделяли большое внимание связям поведения и психики с условиями жизни, что можно объяснить резким увеличением численности городского населения США и Западной Европы в эту эпоху. Многие из выдвигаемых ими теорий могут сегодня показаться наивными или странными, но они заслуживают упоминания и рассмотрения. Например, в начале 1860-х годов нью-йоркский врач Джорж Берд на основе личного жизненого опыта попытался создать обобщенную теорию почти всех психических расстройств. Дело в том, что в ранней юности Берд испытывал острые приступы беспокойства и ярости, граничащие с безумием (такие приступы являются симптомами особой формы подростковой шизофрении, которая обычно проходит по мере взросления). Став врачом, Берд продолжал следить за аналогичными психоэмоциональными расстройствами, а затем разработал и стал пропагандировать концепцию, объединяющую все эти заболевания единым термином «неврастения». Название этой единой болезни по-гречески означает «слабость нервной системы», что является принципиальным для теории Берда, который предполагал, что любой организм обладает лишь конечным запасом «энергии нервных клеток», расходующимся на преодоление жизненных препятствий. Предполагалось, что условия современной жизни неблагоприятны для человека и приводят к слишком быстрому истощению этой энергии, в результате чего психическое здоровье пациентов нарушается, подавляется или даже разрушается полностью.

Поддерживавший идеи Берда бостонский врач Дж. С. Грин писал, пользуясь чисто американскими сравнениями, что «… пациента можно сравнить с банком, который понес слишком большие расходы и должен временно приостановить операции и восстановить свои финансовые активы». Другие специалисты доказывали, что рост числа душевных заболеваний в современном обществе следует рассматривать в качестве еще одного доказательства дарвиновской теории выживания, поскольку люди просто не успевают биологически «приспособиться» к быстрому изменению окружения в условиях

стремительной индустриализации. Многие врачи того времени были убеждены, что женщины гораздо уязвимее мужчин в этом отношении, поскольку традиционная медицина всегда считала, что женская психика слабее мужской и дополнительно ослабляется при беременности и родах. В качестве доказательства психиатры тогда часто ссылались на женскую склонность к истерии, которая столь же традиционно считалась «женским заболеванием» (само название истерия получила от греческого слова «матка»). Развитие таких медицинских теорий и неопределенность диагностики приводили к тому, что встревоженные психиатры стали находить и лечить различные формы неврастении у множества совершенно здоровых мужчин и женщин.

Такие психиатрические теории и связанные с ними страхи становились основой для развития разнообразных методов лечения – от электротерапии мозга (под этим названием подразумевалась активизация нервных клеток и волокон различными низковольтными электрическими устройствами) до организации производства и рекламы разнообразных напитков, содержащих тонизирующие добавки. Основная идея лечения состояла в том, что восстановившие свою энергию нервные клетки укрепят и психическое здоровье пациента, т. е. полноценные нейроны мозга обеспечат эмоциональную и психическую устойчивость личности. Общая направленность такого подхода совпадает с знаменитым девизом древних *Mem sana in corpore sano* (в здоровом теле здоровый дух).

Иногда больным казалось, что какие-то из этих средств действительно помогают (в конце концов, и чашечка кофе в нужный момент может здорово взбодрить человека), но в целом следует просто констатировать, что все эти методы оказались неэффективными.

***

Поскольку представлялось очевидным, что физический статус влияет на эмоции, врачи стали искать причину неврастении в наследственности пациентов. Хотя механизмы передачи наследственных признаков были еще неизвестны, врачи давно прекрасно знали о них, поскольку неоднократно диагностировали проявление одних и тех же физических и психических особенностей в различных «ветвях» генеалогического дерева. По

наследству явно передавался не только цвет волос, но и слабость нервной системы.

Для доказательства этого утверждения французский психиатр Жан-Мартин Шарко организовал систематическое исследование случаев истерии у пациентов психиатрического отделения одной из парижских клиник. Шарко вовсе не смущал тот факт, что некоторые из пациентов были мужчинами, так как он с самого начала отбросил теорию о женском, «маточном» механизме возникновения истерии и сфокусировал все внимание на изучении особенностей мозга. Изучая после смерти пациентов их мозг, Шарко надеялся обнаружить прямые связи между наблюдаемыми повреждениями участков мозга и конкретными психическими нарушениями при жизни покойных (тик, спазмы мускулов, припадки, нарушения жестикуляции и другие заметные внешние признаки истерии). Шарко исходил из гипотезы, что нарушения в работе мозга и нервной системы являются наследственными, включая и дефекты, наследуемые родителями, и повреждения, приобретенные при жизни пациента.

Шарко был неутомимым, стал известным, но не получил точных ответов на поставленные им самим вопросы. Тем не менее, он оказал огромное влияние на одного из своих учеников, блестящего молодого австрийского ученого, которому было суждено полностью пересмотреть все существовавшие научные представления о психике и создать новый подход к изучению психологических расстройств.

Этим молодым невропатологом был 29-летний Зигмунд Фрейд, который сконцентрировал свое внимание на изучении структуры нервной системы и мозга, а также пытался выяснить воздействие препаратов, таких как кокаин на работу специфических нервных сетей. Он проходил у Шарко 4-месячную практику в 1985-1986 гг. и поразил в клинике всех детальным знанием экспериментальных данных о структуре мозге, в чем он превосходил самого Шарко. Студент превосходил учителя. Фрейд выяснил, что истерия не связана с травмами мозга. Его чрезвычайно заинтересовало, как «старик» лечил некоторые эмоциональные расстройства с помощью гипноза.

Зигмунд Фрейд

Дело в том, что некоторые пациенты Шарко демонстрировали физические реакции, не имеющие физиологического смысла, например движения рук и ног, не соответствующие нормальному поведению конечностей в требуемой ситуации, исходя из обычного поведения нервной системы. Причина нарушения представлялась связанной телом, а именно с физиологическим состоянием нервной системы, причем такие пациенты действительно в состоянии гипноза вдруг вновь обретали способность управлять своими как-бы «выключенными» из сознания конечностями. Позднее Фрейд писал по этому поводу: «Истерия проявляет себя независимо от анатомии», и это позволило ему выдвинуть догадку о том, что при некоторых психических расстройствах мозг просто неправильно раздает «команды» по управлению физическими движениями тела, т. е. «решение» о параличе мозг принимает неосознанно. В гипнотическом состоянии такие пациенты преодолевали диктуемую мозгом «ущербность», но им можно было «внушить» и нечто иное.

Вернувшись в родную Вену, Фрейд продолжал заниматься обычной психологической практикой ив 1891 году издал работу об афазии, определенном типе нарушений речи (на эту работу, кстати, до сих пор продолжают ссылаться специалисты). Позднее он начал применять гипноз для лечения своих пациентов, точнее – пациенток. Среди них были в основном молодые, но

психологически обеспокоенные женщины из самых респектабельных, богатых и процветающих семейств Вены. Фрейд (возможно, делая серьезную ошибку) попытался применить свою концепцию бессознательного к человеческим эмоциям, представляющим весьма важный отдел психики, но, одновременно, очень «молчаливый» и сложный для анализа. Это позволило впоследствии критикам упрекать его в том, что ключ проблемы в его клиентуре. Критики ехидно интересовались (в духе современной политкорректности), не был ли стареющий доктор каким-то своеобразным «мужским шовинистом», который сам поощрял, направлял или даже придумывал разнообразные сексуальные расстройства у молодых, привлекательных женщин? Защитники и сторонники Фрейда доказывали и продолжают доказывать, что эти женщины были действительно несчастны и подавлены тем, что не могли проявлять свою личную и творческую активность в условиях традиционного буржуазного общества, где им была уготована лишь роль домашних хозяек или старых дев.

Критики теории Фрейда неявно упрекали его в том, что он работал с пациентами из определенной возрастной и социальной прослойки, так что его результаты не являются закономерными для всех социальных групп. Возможно, все обстояло иначе, о чем интересно пишет знаменитый американский психолог Оливер Сакс, который считает, что Фрейд просто почувствовал вакуум в методах лечения, что «… пациенты шли к Фрейду не для того, чтобы их изучали, а как к врачу, надеясь избавиться от мучительных переживаний и чувств, обусловленных подавленностью, растерянностью, обидами или завистью. Иногда они приходили на прием потому, что замечали у себя тревожные и странные болезненные симптомы, которые не объяснялись органическими нервными заболеваниями. Люди приходили к Фрейду за помощью».

В начале своей медицинской карьеры Фрейд возлагал очень большие надежды на разработанный им метод гипнотерапии. Он уже знал, что многие нервные расстройства вызываются бессознательными факторами, а предлагаемый метод был основан на предположении, что симптомы болезни могут исчезнуть после того, как эти факторы будут выявлены (под гипнозом), а затем проанализированы и осознаны пациентом (в нормальном состоянии) при беседе с врачом. Реальная ситуация оказалась значительно сложнее: пациентки действительно вспоминали под гипнозом важные и тяжелые события прошлого, являющиеся истинной причиной заболевания, но забывали о них, выходя из транса, вследствие чего после сеанса врач не мог

объяснить и проанализировать с пациентами полученную информацию.

Фрейд активно экспериментировал с самогипнозом и обнаружил, что подсознание человека может создавать фантастические сюжеты, построенные на никогда не происходивших событиях и никогда не испытываемых чувствах. (В одном из эпизодов известного романа С. Лема «Солярис» человек отказывается официально признать галлюцинацией виденные им картины и события, заявляя, что «…ничего подобного мой мозг создать не мог. Никогда в это не поверю. Он на такое неспособен!» – *Прим. перев*).

Примером работы подсознания может служить описанная Фрейдом ситуация (получившая позднее название Эдипова комплекса), которая никак не была связана с реальными воспоминаниями и событиями его детства.

Фрейд отказался от применения гипноза в качестве «сыворотки правды» ради «разговорного лечения», при котором пациент находится в сознательном, но расслабленном состоянии. Именно тогда он и начал использовать свою знаменитую кушетку (те, кто не видел фотографии, могут не сожалеть, поскольку они наверняка встречали ее изображение на бесчисленных карикатурах, посвященных сеансам психоанализа). Лечение основывалось на методе «свободных ассоциаций», когда при беседе с врачом пациент может говорить все, что приходит ему на ум. Сама обстановка беседы (пациент лежит в расслабленной позе и не получает никаких внешних раздражающих или тревожащих сигналов) была рассчитана на создание атмосферы полного покоя и безопасности. Теория Фрейда предполагала, что свободная ассоциация позволит пациенту, легко переходя от одной темы или воображаемой ситуации к другой, почувствовать истинную причину своей эмоциональной проблемы и даже «столкнуться» с ней. По Фрейду, причины этих проблем могут быть спрятаны глубоко в подсознании, создавая постоянный источник мучительных переживаний и страхов. Лечебный эффект достигался именно за счет «вспоминания» забытых деталей и сознательного анализа бессознательных импульсов. Фрейд был уверен, говоря словами известного философа XX Мишеля Фуко, что есть «возможность диалога с бессмысленным».

В 1896 году Фрейд стал использовать для обозначения своих теоретических построений термин «психоанализ», и новая наука постепенно приобрела известность и признание общественности. Фрейд приходил к убеждению, что разгадка проблемы личности заключается в бессознательном, которое проявляет себя, например, в мечтах и сновидениях, когда действуют тайные

эмоциональные импульсы, обусловленные подавленными сексуальными фантазиями и переживаниями, восходящими к детству. В соответствии с его теорией личности, мы состоим из трех весьма разных частей, подобно Галлии в начале знаменитой книги Юлия Цезаря.

Предлагаемая модель подразумевает также, что страхи и желания в нашем собственном Я находятся в состоянии постоянной «войны» с разумом, но большая часть сражений протекает без участия и понимания со стороны сознания. Под действием этого комплексного механизма принятия решений «победитель» в каждом отдельном «сражении» диктует личности человека определенную линию поведения, причем человек совершает некоторые требуемые поступки в полной уверенности, что он сам осуществил свой собственный выбор, хотя в действительности дело обстоит совсем не так и выглядит гораздо сложнее.

Эти идеи были и остаются противоречивыми. Незадолго до смерти, в 1939 году Зигмунд Фрейд писал: «Мне посчастливилось открыть несколько очень важных новых фактов, относящихся к бессознательному и строению психики человека, но я дорого заплатил за эту удачу».

(Интересно, что сам Фрейд любил сравнивать себя с Коперником и Дарвином, говоря, что первый лишил Землю роли центра Вселенной, второй – лишил человека центрального места в животном мире, а он сам развенчал роль разума в человеческой психике. – Прим. перев)1

Фрейд разработал теорию развития детской сексусуальности и опубликовал в 1905 году посвященную этой теме книгу «Три эссе о сексуальности», которая вызвала острую полемику. Возмущение общественности было связано, например, с тем, что он утверждал, что ребенок может испытывать к своей матери сексуальное влечение, объясняемое уже упоминавшимся Эдиповым комплексом. Кроме того, теория Фрейда, по мнению многих ученых, относилась скорее к мистике, чем к науке. Подобно многим обрядам в знаменитом негритянском культе «вуду», она была субъективной по определению и поэтому не подлежала проверке объективными методами научного исследования. Например, если я лично не верю в существование внутри самого себя «стремления к смерти», то любая попытка переубедить меня в этом превратится в бессмысленную и бесконечную дискуссию. Если величественные шпили готических соборов напоминают мне о вечности, а не вызывают «зависть к размерам чужого пениса» (как предлагал Фрейд), то никому не стоит тратить время на разговоры о различии восприятий.

Впрочем, созданная Фрейдом игра в символы и аллегории под конец, похоже, сильно надоела ему самому, что и заставило его раздраженно сказать, что «иногда сигара и означает просто сигару!». Короче говоря, многие понятия и термины психоанализа действительно окутаны туманом бессознательного.

Тем не менее харизма и энергия Фрейда позволили ему создать в 1902 году кружок учеников, а через шесть лет организовать Венское психоаналитическое общество (позднее преобразованное в Международную психоаналитическую Ассоциацию) и провести международный конгресс, ставший символом всемирного признания новой науки и ее успехов. Дальнейшему развитию и пропаганде психоанализа во многом спообст-вовал также раскол внутри единого учения, в результате которого некоторые ученики (наиболее известными из них были Альфред Адлер и Карл Юнг) стали создавать собственные школы и развивать новые направления. В целом можно сказать, что учение Фрейда продолжает развиваться и распространяться.

***

Вернемся к упоминавшейся выше проблеме истерии. По иронии судьбы, это расстройство почти совсем не наблюдалось у молодых пациенток доктора Фрейда в Вене, на описании болезней которых и была построена знаменитая теория. Однако неожиданно это заболевание проявилось со страшной силой среди простых юношей, неожиданно оказавшихся в окопах Первой мировой войны, которую, с позиций психоанализа, можно назвать приступом иррациональности в международном масштабе.

(Фрейд считал войну ужасным, но совершенно естественным, и поэтому неизбежным, проявлением массового бессознательного. В самом конце жизни, в 1939 году (после бегства из Вены) он отказался по этой причине подписать присланное ему Эйнштейном какое-то пацифистское воззвание общего плана, считая его бессмысленным и лицемерным. Фрейд даже ответил Эйнштейну глубоко пессимистической фразой «Мне нечего сказать утешительного своим братьям, людям». – Прим. перев)

Уже из самых первых сообщений с французских и бельгийских позиций, подвергнутых невиданным ранее по масштабам бомбардировкам со стороны немцев, стало известно о ненормальном поведении многих солдат и офицеров.

Корреспонденты отмечали неестественный блеск глаз, дрожание рук и застывшее выражение ужаса на лицах оборонявшихся. При чудовищном круглосуточном артобстреле солдаты впадали в панику, начинали беспричинно смеяться или плакать, т. е. превращались в истериков или, по крайней мере, выглядели клиническими истериками. Вначале высокомерным немецким офицерам казалось, что все это лишь доказывает превосходство германского боевого духа и лишний раз подтверждает мнение кайзера Вильгельма о трусости и неврастеничности пуалю (распространенная кличка французских рядовых), однако позже, когда союзники смогли организовать достойный отпор и ввели в действие собственную мощную артиллерию, выяснилось, что немецкие солдаты (французы именовали их бошами) при мощных и длительных бомбардировках ведут себя совершенно так же. Речь шла о новом явлении, о новом массовом психическом заболевании, для которого было предложено несколько разных, но весьма близких по смыслу обозначений. Привычное медицинское название этого синдрома *{shell shock,* шок артобстрела) можно считать неудачным и даже неправильным, поскольку и после прекращения артобстрела или бомбардировки его жертвы очень часто оставались глухими, немыми или дрожащими от страха психическими калеками.

По далеко не полной статистике, примерно 80 тысяч солдат с обеих сторон было выведено из строя в результате психических заболеваний в описанных условиях. Некоторые из них позднее частично приходили в себя на короткое время (мой дед с отцовской стороны был одним из них), но многие больше никогда не стали полноценными людьми и нормальными отцами семейств. Семью моего деда можно почти целиком отнести к так называемым «вторичным жертвам» войны, учитывая его психическое состояние, связанное с этим самоубийство бабушки и психологические проблемы следующих поколений. Смертность среди даже внешне благополучных ветеранов войны была очень высокой, из-за чего в обычной речи даже появилось понятие «солдатское сердце».

Возможно, основная проблема заключалась в том, что потерявший руку паренек Джонни возвращался с войны все тем же человеком (разве что получал от односельчан кличку «однорукий»), в то время как переживший шок бомбежки Джонни был психически искалечен, превращался в новую личность. Менялось представление о постоянстве человеческой сущности и ее свойств, теряли смысл точные клички и характеристики, поскольку новый Джонни совершенно не напоминал поведением, например, довоенного «весельчака Джонни» или

«пунктуальнейшего Джонни». Психическая травма катализировала изменение личности.

Рассказ о шоке от бомбежки на полях Франции может показаться банальным американской публике, которая со времен вьетнамской войны свыклась с термином «послевоенный стресс». Этот термин до сих пор широко эксплуатируется телевидением и шоу-бизнесом. Военное руководство времен Первой мировой, впервые столкнувшееся с этим явлением, долгое время считало его проявлением «трусости» и какое-то время практиковало расстрелы при проявлениях массовой паники, однако даже столь «рациональная» терапия не излечивала иррациональность поведения жертв бомбардировки.

Пока военные медики тщетно пытались помочь таким пациентам обычными методами, психоаналитик Фрейд сумел понять истинный характер заболевания. Еще со времен работы в клинике Шарко он знал, что поведение истеричных больных очень часто возникает при невозможности преодолеть какие-то «подавленные воспоминания». Точно так же жертвы «военного невроза» не могли справиться с воспоминаниями о невыносимом психологическим конфликте, который когда-то настиг их в траншеях. Конфликт заключался в том, что при бомбежке солдат не имеет никакой возможности пойти в атаку и схватиться с противником в открытом бою, но он же (одновременно) не имеет права оставлять позиции. В этой ситуации, когда нельзя сражаться и нельзя убегать, заключен тяжелый психологический конфликт, который позднее не исчезает, а уходит внутрь психики в бессознательное. Даже если человек оставался внешне спокойным и выдерживал напряжение, грубое нарушение разумной реакции на ситуацию «дерись или убегай!», невозможность принять быстрое и естественное решение откладывались в глубинах психики, независимо от того, что человек не мог сформулировать этот психологический конфликт в рациональном виде и в соответствующих понятиях. Проявления «военного невроза» были самыми разнообразными, от непрерывного подергивания до кататонии (полной неподвижности) или непрерывного плача. Один известный нейрофизиолог того времени удачно назвал таких пациентов жертвами «войны нервов». Несколько позднее, когда началась «перековка духовных мечей на духовные орала», широкая общественность и профессионалы-психиатры стали признавать, что теория Фрейда действительно представляет собой совершенно новый и фундаментальный подход к объяснению поведения и эмоций, и его достоверность может быть подтверждена многими фактами общественной жизни и

медицинской практики.

Фрейдизм становился клише. Становилось модным писать глупые и странные биографические анкеты, получившие название «психобиографии» и т. д. Раньше мировая культура отвергала фрейдизм, теперь она доводила свое поклонение перед идеями Фрейда до абсурда. С другой стороны, среди ученых и философов до сих пор остаются противники теории, не принимающие идею о глубоком конфликте внутри личности (в качестве примера могу отметить, что некоторые из моих родственников вовсе не считают нашего деда жертвой «военного невроза», а полагают, что он был просто отравлен при газовой атаке).

***

В развитии научных идей работает великий принцип, предложенный в физике Ньютоном еще в XVIII веке, согласно которому действие всегда рождает противодействие. В психологии таким противодействием фрейдизму выступило целое научное направление, объединяемое термином бихевиоризм *(behaviour,* поведение), которое оформилось после выхода в свет книги с одноименным названием в 1925 году. Автором был психолог Дж. Б. Уотсон, который решительно «выбросил» из научного рассмотрения такие понятия как сознательное, бессознательное и субъективное. Уотсон начал знакомить научную общественность со своими идеями задолго до публикации книги, убеждая коллег, что в психологии (подобно естественным наукам) необходимо заниматься анализом только объективно наблюдаемых факторов (прежде всего, поведения). Факторы, которые невозможно экспериментально наблюдать, изучать и измерять с достаточной точностью, следует игнорировать или отбрасывать. Надо отметить, что в свое время такая категоричность и полный отказ от субъективной оценки вызывали в академических кругах немало шуток и острот, примером которых может служить анекдот из остроумного романа когнитивиста Дэвида Лоджа, в котором психолог-бихевиорист после секса спрашивает подругу (тоже психолога): «Я видел, тебе было очень хорошо! А мне?».

Уотсон и его сторонники были убеждены, что поддающиеся измерению параметры поведения в значительной мере обусловлены внешними факторами. Изучая людей и животных в лабораторных условиях, ученые надеялись выявить общие законы

поведения, признавая при этом, что такая задача в целом является исключительно сложной и требует длительных исследований.

Примерно в эти же годы возник новый подход к изучению структуры личности. Русский физиолог Иван Павлов (обессмертивший свое имя общеизвестным термином «павловский рефлекс») еще в конце XIX века начал систематические исследования взаимодействия мозга с различными органами тела. В одном из его известных экспериментов собака глотает пищу, которая затем удаляется из пищевода через фистулу, не доходя до желудка. Павлов обнаружил, что при этом в пустом желудке собаки выделяется желудочный сок, необходимый для переваривания пищи, и правильно понял, что мозг собаки посылает «команду на запуск» в желудок после того, как поступает некий входной сигнал от нервных окончаний во рту.

В 1903 году он начал свои ставшие знаменитыми эксперименты с рефлексами, которые вызывали и продолжают вызывать восхищение специалистов и общественности. Кроме этого, к его работам до сих пор с огромным интересом относятся и все склонные к «промыванию мозгов» политики, например коммунисты, пришедшие к власти в России в то время. Описанное слюноотделение у собаки при виде пищи не содержит в себе ничего таинственного (в конце концов, у людей происходит то же самое при виде аппетитного бифштекса), вследствие чего бихевиористы и называют этот очень простой рефлекс безусловным. Однако затем Павлов ввел в эксперимент звонок, который включался незадолго перед кормежкой. Через короткое время собака привыкла к этому, после чего слюноотделение начиналось у нее сразу после звонка. Иными словами, собака стала ассоциировать звонок с едой и начинала переваривать воображаемую пищу, даже не видя ее. Этот рефлекс был назван условным и таил в себе очень многое. (И. П. Павлов прекрасно понимал роль условных рефлексов в общественно-политической жизни и, более того, пытался соотнести их с реальными историческими событиями в России. Например, в 1932 году он писал о своем «…печальном взгляде на русского человека,…для которого существуют только слова. Его условные рефлексы координированы не с действиями, а со словами». – Прим. перев.)

Людям всегда нравилось думать, что их возможности и запросы являются неизмеримо более сложными и высокими, чем потребности лабораторных животных в пище, однако многие бихевиористы считают, что мы просто не чувствуем, насколько «глубоко» мы привязаны к окружению и обстоятельствам и

насколько наше поведение определяется внешними условиями. Уотсон так сильно увлекся этими идеями, что стал чувствовать себя почти мессией в деле воспитания и формирования человека. Он даже самоуверенно утверждал, что может взять группу детей (почему-то, говоря о такой группе, он упоминал двенадцать учеников, в чем вполне можно угадать оговорку по Фрейду) и «подготовить из них требуемый набор специалистов (врачей, адвокатов, художников, менеджеров и, если угодно, даже воров или нищих), независимо от их собственных талантов, склонностей, способностей и расового происхождения». Другими словами, из одного человека можно вырастить антиглобалиста, из другого – буддистского послушника, пользуясь теми же методами, которыми в одной из Гарвардских лабораторий обучают голубей играть на пианино. Принципиальной разницы в обучении не существует. Голуби учатся играть, получая в награду зерна, а люди – нечто более сложное, например обещания и надежды.

***

С одной стороны, представляется очевидным, что любая такая научная программа с ходу «отбрасывает» любое представление о свободе воли или выбора, т. е. бихевиоризм является строго детерминистским учением. С другой стороны, нельзя не заметить, что он столь же безусловно противоречит и любым расистским и евгеническим теориям, основанным на догмах о наследственном характере развития личности. Например, в соответствии с бихевиористскими концепциями, не стоит беспокоиться о роли более «низких» рас в будущем развитии Соединенных Штатов, так как окружение и условия позволят «воспитывать» и создавать именно тот тип личностей, который и формирует нацию. Легко убедиться, что, несколько изменив слова и смысл последних предложений в нужном направлении, им можно придать и совсем иное значение. Бихевиоризм всегда был удобным и интересным идейным инструментом для самых различных, зачастую имеющих благие намерения, политических сил, настроенных на улучшение социальной структуры общества. Именно этот факт заставляет задуматься о некоторых этических проблемах, связанных с общей идеологией и развитием бихевиоризма. Если мы лишены индивидуального сознания и представляем собой лишь набор

паттернов поведения, которые могут создаваться или изменяться под внешним воздействием, то мы должны рассматривать себя лишь как податливый «материал», не содержащий ничего, что можно было бы назвать определенной личностью. Стоит признаться, что иногда именно такое призрачное ощущение возникает, когда читаешь об экспериментах, в которых лабораторные животные и люди-добровольцы участвуют в сравнительных опытах, выполняя массу довольно похожих заданий (бегают по лабиринтам, нажимают кнопки по сигналу и т. п.) в соответствии с условиями и командами.

С другой стороны, бихевиоризм уже привел к созданию так называемой поведенческой терапии, которую специалисты признали в целом безопасной и, в некотором смысле, дополнительной по отношению к фрейдовскому методу психоанализа. В частности, пользуясь этой методикой, каждый из нас может по собственной воле избавиться от многих вредных привычек, например курения или любви к телевизионным сериалам. Разработанная бихевиористами так называемая «терапия невосприимчивости» основана на создании устойчивых отрицательных ассоциаций с нежелательными типами поведения. Например, каждый раз при закуривании сигареты вы испытываете нечто неприятное, что довольно быстро может отучить вас от пагубной привычки. Довольно часто и успешно бихевиористы излечивают так называемые тайные или скрытые страхи (фобии), пользуясь методом десенситизации, при котором пациента неоднократно вводят в состояние, ассоциируемое с ситуацией, вызывающей конкретную фобию. Метод основан на том, что почти все скрытые фобии по определению являются иррациональными психическими реакциями и вовсе не обусловлены реальным масштабом грозящих опасностей. Поэтому, вводя пациента в повторяющийся контакт с такой ситуацией (в условиях явного покоя и безопасности), можно добиться заметного снижения уровня восприятия воображаемой угрозы. Эффективность описанных методов является практически бесспорной и зависит лишь от личного настроя и позиции пациента, так как, естественно, рецидивиста-насильника излечить труднее, чем слабовольную алкоголичку, которая обеспокоена лишь тем, что регулярно оказывается неспособной сесть за руль автомобиля и забрать дочку из детского садика.

Наиболее убежденные бихевиористы считают, что наше поведение не определяется даже нашими намерениями (которые можно рассматривать в качестве одного из главных проявлений сознания), и утверждают, вслед за знаменитым Б. Ф. Скиннером, что «мы всегда являемся объектами управления и манипуляции».

Сказанное, впрочем, безусловно справедливо по отношению к тем, кто попадал в так называемый «ящик Скиннера» (называемый иногда также «механическим обучающим окружением»), созданный им для исследования обучаемости в изменяющихся условиях. Хотелось бы отметить, что, несмотря на широкую известность и популярность этого устройства, цели и характер экспериментов Скиннера были поняты общественностью неверно. Многие американские психологи помнят, что университетский кампус Гарварда в начале 60-х был полон сплетнями и шутками на эту тему (например, рассказывали о том, как Скиннер посадил в такой ящик собственную дочь и т. п.).

Для выработки поведенческих навыков обычно используют принцип закрепления действия, т. е. систему поощрения (если голубь ударил по правильной клавише пианино, он сразу получает горсть зерен и т. д.). Систематическое обучение в контролируемых условиях действительно позволяет выработать достаточно сложные типы поведения, включая элементы своеобразного предвидения или подсказки (высыпаются зерна, голубь слышит нужный звук т. п.). Крыса в ящике Скиннера совершенно изолирована от окружающего мира и видит только кнопки и рычажки. Если после нажатия кнопки крыса получает вознаграждение (еду или свободу), то она начинает полагать, что нажатие кнопки будет постоянно сопровождаться теми же последствиями. Дальнейшие или новые поощрения укрепляют ее уверенность.

Отметим, что, по мнению самого Скиннера, создание ассоциативных связей вовсе не требует участия сознания. Поведение грызунов в бихевиористских экспериментах можно проанализировать, совершенно не упоминая каких-либо мыслительных или, вообще, внутренних процессов. Все поведение сводится к внешним проявлениям поведения, так что совершенно неважно, кем является человек, замахивающийся топором (дровосеком или палачом), важно лишь правильно учесть воздействие окружения.

Иногда над бихевиористскими теориями подшучивают, подчеркивая их редукционизм. Результаты многих, весьма необычных планов и попыток бихевиористов объяснить и изменить человеческое поведение оказались разочаровывающими, а их лабораторные эксперименты выглядят иногда лишь жалким подобием реальных человеческих переживаний и поступков. Прокуроры и суды присяжных по-прежнему с недоверием выслушивают защитников, оправдывающих поведение своих подзащитных тяжелым детством и дурным воспитанием. Однако в целом бихевиоризм остается

довольно важным и влиятельным направлением психологии, особенно в университетах США и в некоторых общественных организациях.

Однако бихевиоризм в последнее время обогащается идеями и понятиями когнитивной психологии. В начале XX столетия психологи этих направлений старательно подчеркивали различия во взглядах с радикальными бихевиористами. Позднее, когда обе стороны пришли к соглашению, что поведение меняется лишь в результате изменений окружающих условий (неважно, природных или искусственно созданных в лаборатории), когнитивисты просто связали изменение поведения с изменением общего набора сведений об окружении. Другими словами, субъект изменяет свою реакцию на внешние раздражители, понимая или как-то осознавая способность окружения реагировать по-новому. Психоло-ги-когнитивисты назвали этот механизм «процессом познания», относящимся уже к ответу на побуждающие факторы. Поведение не является совершенно «бездумным» процессом.

Для многих пациентов психиатрических больниц когнитивистский подход к мышлению и осознанию (а речь, действительно, идет именно о *мышлении)* может являться методом лечения. Если депрессия связана с тем, что каждый важный сигнал извне вызывает острое ощущение неполноценности или ненависти к самому себе, то психолог-когнитивист может помочь сознанию пациента выбраться из этой «ловушки». Для этого сначала необходимо выработать у пациента способность рассматривать некоторые сигналы в качестве положительных, затем сделать положительные реакции столь же «автоматическими», как и отрицательные, после чего с их помощью просто «выбросить» из сознания отрицательные типы реакций. Безусловно, это связано с мышлением. Когнитивная терапия представляет собой интеллектуальный подход к решению эмоциональных проблем, позволяющий использовать логику для изменения чувств. Напомним, что бихевиористская терапия основана на некотором «обучении» психики, так что психолог-бихевиорист будет неоднократно возвращать сознание пациента в болезненное или травмирующее состояние, постепенно излечивая его.

Короче говоря, в среде психологов нет единства в вопросе о природе человеческой личности (а также ее связи с сознанием, существование которого, впрочем, само еще нуждается в научном доказательстве), однако, безусловно, следует отметить, что это вовсе не относится только и именно к психологам. Не следует считать подходы психологов недостаточно научными. Вспомните, что говорилось выше о квантовых подходах к проблеме мышления

и представьте себе шрёдингеровского кота в испытательном ящике Скиннера. Квантовые волны вероятности каким-то образом схлопываются и создают реальность, когда кто-то извне открывает ящик и регистрирует живое или мертвое состояние несчастного кота. Представьте себе хотя бы теоретически, что человеческое сознание должно обязательно существовать, поскольку именно оно, существуя в каких-то конкретных мозговых структурах, и может каким-то образом уничтожать квантовые неопределенности и приводить к коллапсу волновых функций. Строго говоря, в такой теории сознание не столько выбирает из альтернатив возможной реальности, сколько определяет этот выбор, фиксируя некоторую часть волновой функции и обращая ее в реальность. Возможно, что без участия человеческого сознания, выступающего в роли внешнего наблюдателя (например, фиксирующего состояние все того же кота), никакой коллапс квантовых волн вероятности вообще не мог бы происходить.

Сторонники еще одной, довольно сложной для понимания теории утверждают, что сознание является не причиной проявления квантовых коллапсов, а собственно их проявлением. В соответствии с этой теорией, в нейронах мозга находятся крошечные цилиндрические белковые структуры, так называемые цитоскелетные микротрубки, которые являются проводниками коллапсов квантовых волн вероятности. Такие «субъединицы сознания» сообщают сознанию о происходящих событиях.

В соответствии с этой теорией, фразу Декарта можно переформулировать в виде «Я мыслю, следовательно,… я определяю, жив ли шрёдингеровский кот в ящике», что кажется несколько обидным для нашего самосознания.

***

Психоанализ и бихевиоризм в XX веке оказались основными направлениями изучения структуры личности. К концу столетия развились методы прямого воздействия на мозг (нейрохирургия и психотропные препараты). Когнитивная психология, используя компьютеры одновременно в качестве инструмента исследования и обобщенной метафоры, позволяет изучать человека, рассматривая его в качестве определенного типа думающих машин.

Все перечисленные подходы составляют сегодня лишь

отдельные куски какой-то общей картины, и ни один из них не помогает понять точный смысл афоризма Декарта. Сознание, поведение, личность и бессознательное выглядят неопределенными и изменчивыми, подобными вечно меняющейся реке Гераклита. Невозможно, чтобы кто-то мог сказать вам точно, чем вы являетесь (в таких случаях, как говорят американцы о жуликах, следует проверить, на месте ли бумажник), так как не существует определения вашей личности. Все мы постоянно меняемся, ежесекундно теряя возможность как-то определить собственную сущность. Мы все время находимся в движении и изменении.

Изменения и нестабильность не должны обязательно вызывать тревогу, хотя бы потому, что великие открытия двадцатого века возвели изменчивость в главный принцип существования. Мир таков, каков он есть, но только в данное мгновение, и воспринимаемый образ ускользает в тот самый момент, когда мы пытаемся его осознать, так что наше восприятие постоянно «опаздывает». Может быть, именно эту ситуацию Жак Дерри-да пытался обозначить, как «постоянно-уже-отсутствующее настоящее время» (впрочем, возможно, что он имел в виду нечто иное).

Квантовая механика доказывает, что физическое существование мира носит непредсказуемый характер. Гёдель продемонстрировал, что никакая математическая система не может быть строгой, подобно тому, как Земля, Солнце и вся наша Галактика не являются неподвижными и стремительно мчатся куда-то с огромной скоростью в немыслимых просторах космоса. Мир остается беспокойным и непрерывно меняющимся, подобно младенцу в люльке.

Является ли кто-то из нас добрым из-за «доброты» его собственной личности, наличия определенных наследственных структур в мозгу или хорошего домашнего воспитания? Можно ли считать себя действительно свободной и самостоятельной личностью, если клетки организма размножаются и делятся в соответствии с неведомыми вам инструкциями и программами, унаследованными от далеких предков? Может ли случайный удар по голове превратить вас из доктора Джекилля в доктора Хайда?

Изменчивость является характерной особенностью окружающего нас мира. Если бы мы каким-то чудом могли увидеть свою планету примерно 50 миллионов лет назад, то нам бросился бы в глаза незнакомый материк, образованный «слипшимися» массивами Европы и Северной Африки, буквально «раздавившими» Средиземное море. В течение следующих геологических эпох мы бы видели массу поразительных и

грандиозных изменений: континенты будут сближаться и расходиться, планета переживет множество ледниковых периодов, магнитные полюсы Земли неоднократно поменяются местами, и даже форма созвездий будет трансформироваться, постепенно приобретая знакомый вид. Один из главных выводов современной науки заключается в том, что окружающий нас мир является «текучим» и изменчивым на всех уровнях наблюдения и исследования, что не позволяет даже надеяться на получение каких-то окончательных, последних ответов на фундаментальные вопросы во всех областях знания. Биологи полагают, что гоминиды отделились от остальных животных примерно 5 миллионов лет назад. Человеческое сознание продолжает развиваться и со страстной настойчивостью ищет смысл своего появления и своей истории.

В прекрасном романе Филиппа Керра «Второй ангел», который можно отнести к жанру технологических триллеров, некая таинственная сущность (не буду раскрывать ее загадку) говорит о нашем будущем следующее: «В мире есть только те чудеса, которые наука еще не открыла, а мерой всех вещей по-прежнему остается человек».

Но ведь и сама эта мера, т. е. сущность человека, становится все более туманной и неоднозначной, так что мы, по-видимому, никогда не достигнем конечной цели, никогда не услышим финал грандиозной музыкальной симфонии жизни. Человечество начинает осознавать, что окружающий мир, в котором мы живем и частью которого являемся, представляет собой не тихое убежище, а постоянно и стремительно изменяющийся объект. В романе Гора Видала «Смитсонианский Институт» говорится, что «…все является текучим, случайным, способным к изменениям…, подобно самой жизни».

Через год с небольшим после начала работы над этой книгой мне довелось вернуться в заброшенный сарай на окраине Лонг-Айленда, с описания которого я начал книгу. Все вокруг говорило об осени: редкие растения вдоль обочины пустынной автострады, пустые пляжи, отсутствие моторок в заливе, безлюдные летние павильоны и лавочки. Но изменился и сам пейзаж, вдали стали видны залитые солнцем здания на Мэйн-Стрит, которых раньше нельзя было разглядеть, так как их заслоняли… взорванные месяц назад башни-близнецы Всемирного Торгового Центра. Изменился не только пейзаж, изменился весь окружающий мир.

А летом того же 2002 года ученые обнаружили, что со времени Большого Взрыва могли измениться казавшиеся ранее незыблемыми так называемые мировые физические константы, включая скорость света. Что-то поменялось и в трактовке самого

Большого Взрыва, поскольку выяснилось, что его причиной могло служить столкновение вселенных в каком-то «скрытом» измерении. В конце 2001 года пораженные астрофизики вдруг смогли зарегистрировать, как из огромной черной дыры (с массой около 10 миллионов Солнц) выделяется энергия, что противоречит всем основным физическим теориям XX века. Одновременно физики, уже уставшие от почти столетних размышлений о тайнах квантовой механики, вдруг поняли, что могут существовать и более простые теории субатомного мира, примиряющие квантовое описание с классическим и возвращающие смысл воспринимаемой реальности. Другие группы физиков смогли, наконец, как-то связать квантовую механику с теорией относительности и т. п. Список можно продолжить, мир и наши представления о нем продолжают изменяться.

Мы продолжаем использовать свой мозг. Процесс продолжается.

Благодарности

Год, в течение которого я писал эту книгу, оказался самым тяжелым в моей жизни, так как на него выпала смерть близких людей и сопряженные с этим переживания и проблемы. Редактор книги Джефф Голик в это сложное время помогал мне не только в работе над рукописью, но и в человеческом плане, хотя сам был озабочен весьма приятными, но утомительными хлопотами о родившемся первенце. Я благодарен судьбе, которая свела нас в столь драматических и сложных обстоятельствах, связанных с разными полюсами человеческой жизни, и хочу еще раз выразить ему свою признательность за интерес к работе и ценные замечания.

Есть много людей, которым я тоже хотел бы выразить благодарность за прямую или косвенную поддержку, и среди них – Дэвид Шифф, Дэвид Кейзер, Рой Смит, Хэнк Виттемор, Урсула Гудинаф, Патрик Хьюг, Брайан Хейс, Мэри Флинн, Джим ДеВинни, Тим Хейс, Лиза Фрост, Билл О Рэйли, Джайна Вебстер, Джим Мейерс, Эленор Костик, Эллиот Эр-витт, Тара Кюльхоффер, Диана Лутц, Карен Орбах, Нэнси Латтанцио, Нэнси Эйсенбарт, Тодд Брюер, Ноэль Бюкнер, Роб Витлеси, Карен Джонсон, Роб Харт и Эмили Луз. Кроме этого, в это время я был часто оторван от родного очага и домашней еды и поэтому хочу отдельно поблагодарить хозяина ресторана Джима Рэя и его работников Пат Робустелли и Антони Перенчино, семью ДиСкалла и Томаса Спрага (владельцев придорожного кафе) и семейство О Лири за подаренную электроплитку для приготовления еды.

This file was created

with BookDesigner program

bookdesigner@the-ebook.org

08.04.2013